

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-359138

(43)Date of publication of application : 13.12.2002

(51)Int.Cl.

H01F 41/34
 G11B 5/64
 G11B 5/65
 G11B 5/82
 G11B 5/84
 H01F 10/16
 H01L 27/105
 H01L 43/08

(21)Application number : 2001-399848

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 28.12.2001

(72)Inventor : KAMATA YOSHIYUKI
 NAITO KATSUYUKI
 HIEDA YASUYUKI

(30)Priority

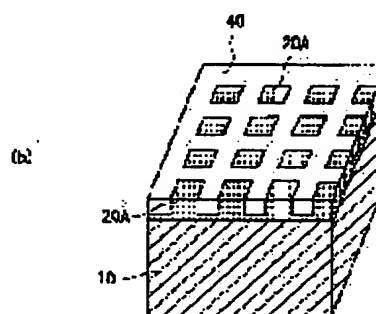
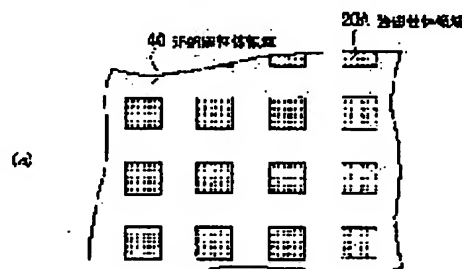
Priority number : 2001102215 Priority date : 30.03.2001 Priority country : JP

(54) PATTERNING METHOD OF MAGNETIC SUBSTANCE, MAGNETIC RECORDING MEDIUM
 AND MAGNETIC RANDOM ACCESS MEMORY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide patterning of a ferromagnetic substance by a simplified manufacturing method.

SOLUTION: A ferromagnet layer containing one element among Fe, Co, Ni is formed on a substrate. A ferromagnet layer surface is selectively masked, and an exposed part is exposed to reaction gas containing halogen. Magnetism of the exposed part and its lower layer is deformed by chemical reaction, and a non-ferromagnet substance region is formed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

19.05.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3886802

[Date of registration]

01.12.2006

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The process which forms the ferromagnetic layer which contains at least a kind of element chosen from Fe, Co, and nickel, It puts to **** activity reaction Guth who contains a halogen for the process which carries out the mask of said ferromagnetic layer front face alternatively, and the outcrop of said ferromagnetic layer front face -- The patterning approach of the magnetic substance characterized by having the reaction process which said outcrop and its lower layer are deteriorated by the chemical reaction to a compound with the component in said reactant gas or said reaction mixture, and is formed into un-ferromagnetism.

[Claim 2] Said halogen is the patterning approach of the magnetic substance according to claim 1 characterized by being a fluorine.

[Claim 3] Said compound is the patterning approach of the magnetic substance according to claim 1 or 2 characterized by being cobalt fluoride.

[Claim 4] Said process formed into un-ferromagnetism is the patterning approach of the magnetic substance given in any 1 term of claims 1-3 characterized by producing the activity reactant gas containing said halogen using a plasma generating means.

[Claim 5] Said process which carries out a mask is the patterning approach of the magnetic substance according to claim 1 to 4 characterized by having the process which forms a block-copolymer layer in said ferromagnetic layer front face, and forms the isolation region which separates mutually two or more island-shape fabric domains which correspond to said outcrop according to the self-organizing phenomenon of said block copolymer, and said island-shape fabric domain, and the process which removes said island-shape field.

[Claim 6] The patterning approach of the magnetic substance according to claim 5 characterized by removing said isolation region and forming the magnetic-recording field corresponding to said island-shape field, and the non-ferromagnetism field corresponding to said isolation region after said reaction process.

[Claim 7] The patterning approach of the magnetic substance according to claim 6 characterized by writing the servo information for controlling either [at least] a relative position with the magnetic head, or relative velocity in said magnetic-recording field.

[Claim 8] It is the magnetic-recording medium characterized by said non-ferromagnetic field being the compound of said ferromagnetic and halogen in the magnetic-recording medium which has two or more record sections which consist of a ferromagnetic which contains at least a kind of element chosen from Fe, Co, and nickel, and the non-ferromagnetic field which separates said record section mutually, respectively.

[Claim 9] The magnetic-recording medium according to claim 8 by which said halogen is characterized by being a fluorine.

[Claim 10] The magnetic-recording medium according to claim 9 by which said compound layer is characterized by being cobalt fluoride.

[Claim 11] It is the magnetic-recording medium characterized by said non-ferromagnetic field being the compound of said ferromagnetic and halogen in the magnetic-recording medium possessing the servo layer which has two or more record sections which consist of a ferromagnetic which contains at least a kind of element chosen from Fe, Co, and nickel, and the non-ferromagnetic field which separates said record section mutually, respectively.

[Claim 12] The magnetic-recording medium according to claim 11 characterized by having the non-magnetic-material layer formed on said servo layer, and the recording layer formed on said non-magnetic-material layer.

[Claim 13] The lower electrode layer formed in the substrate front face, and the 1st a little more than magnetic layer formed on said lower electrode with the 1st ferromagnetic which contains at least a kind of element chosen from Fe, Co, and nickel, The tunnel insulating layer formed on said 1st a little more than magnetic layer, and the 2nd a little more than magnetic layer formed on said tunnel insulating layer with the 2nd ferromagnetic which contains at least a kind of element chosen from Fe, Co, and nickel, It has an insulating layer surrounding the perimeter of said 1st a little more than magnetic layer, said tunnel insulating layer, and said 2nd a little more than magnetic layer. Said insulator layer Magnetic random access memory characterized by providing said 1st ferromagnetic and the compound layer of a halogen, and said 2nd a little more than magnetic layer and the compound layer of said halogen.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to magnetic-recording media, such as pattern DOMEDIA produced using the pattern NINGU approach and this approach of the magnetic substance, other magnetic-substance products, and the magnetic recording medium equipped with this magnetic-recording medium about a high density magnetic-recording technique.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, each record bit size on a magnetic-recording medium is becoming about several 10nm very detailed thing by improvement in the surface recording density of the magnetic-recording medium accompanying increase of the storage capacity of a hard disk drive (henceforth HDD). In order to obtain a playback output from such a detailed record bit, reservation of the largest possible saturation magnetization and thickness is needed for each bit. However, detailed-ization of a record bit made the amount of magnetization per bit small, is the flux reversal by "heat fluctuation", and has produced the problem of disappearance of magnetization information.

[0003] Generally, effect becomes large and, experientially, this "heat fluctuation" is said for the magnetic reversal by "heat fluctuation" to arise in $K_u \cdot V / kT < 100$, so that the value of $K_u \cdot V / kT$ (it is here and an anisotropy constant and V are [a Boltzmann's constant and T of the magnetization smallest unit volume and k] absolute temperature for K_u) is small.

[0004] By the magnetic-recording medium of a longitudinal magnetic-recording method, since the demagnetizing field in the record bit of the field where recording density is high becomes strong, the diameter of a magnetic particle tends to be influenced by comparatively large inside of "heat fluctuation." On the other hand, by the magnetic-recording medium of vertical magnetic recording, by growing up a magnetic particle in the direction of thickness, since the particle size on the front face of a medium can enlarge the magnetization smallest unit volume V while it has been small, it can control the effect of "heat fluctuation." However, if the densification of HDD will progress further from now on, even if it is vertical magnetic recording, a limitation will appear in heat fluctuation resistance.

[0005] As an approach of solving the problem of this heat fluctuation resistance, the magnetic-recording medium called "pattern DOMEDIA" attracts attention. Generally pattern DOMEDIA means plurality and the magnetic-recording medium formed independently, respectively for the magnetic-substance field used as record bitwise into a non-magnetic-material layer. In general pattern DOMEDIA, as a non-magnetic-material layer, borides, such as carbide, such as nitrides, such as Si_3N_4 , and AlN , TiN , and TiC , and BN , are used, and the ferromagnetic field is alternatively formed into these non-magnetic-material layers. [oxides, such as SiO_2 aluminum 2O_3 , and TiO_2 , and]

[0006] Since the ferromagnetic field which is record bitwise has been independent, pattern DOMEDIA can prevent interference between each record bits, and effectiveness is in the disappearance of record and the reduction of a noise by the contiguity bit. Moreover, by patterning, domain-wall-displacement resistance increases (the pinning effectiveness of a magnetic domain wall), and improvement in magnetic properties can be aimed at.

[0007] On the other hand, in HDD, the servo information beforehand recorded on the magnetic-

recording medium is performing positioning or control of passing speed for the magnetic head to the target position on a magnetic-recording medium (target track). Generally, this servo information is recorded on the circumferential direction on a magnetic-recording medium by the servo field (servo sector) established in radial at the predetermined spacing.

[0008] Usually, the writing of servo information is performed using the servo write-in equipment called a servo writer, after including a magnetic-recording medium and the magnetic head in the interior of the case of a drive body. However, if high recording density-ization of HDD progresses, since servo information will increase in proportion to it, the area of the servo field on a magnetic-recording medium increases as a result, and conflict of narrowing the area of an effective record section (data area) is held.

[0009] On the other hand, by recently, the magnetic-recording medium structure of the "depths servo system" which embedded the servo field in the deep layer other than a magnetic-recording layer is examined. With this structure, since a record section and a servo field can be formed in piles up and down, while being able to use the whole magnetic-recording medium surface as a record section, a servo field can also be formed all over a magnetic-recording medium. Therefore, a record section cannot be sacrificed but, moreover, the tracking of the magnetic head can be carried out with high precision in respect of the arbitration on a disk.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although it is necessary to form the pattern of the detailed magnetic substance in a large area in order to manufacture pattern DOMEDIA mentioned above, on the other hand, patterning of the magnetic substance with a high degree of integration as well as [MRAM (Magnetic Random Access Memory) which attracts attention recently] the manufacture is needed as a new nonvolatile memory component.

[0011] Conventionally, in patterning of these magnetic substance, the following four processes are mainly used. First, they are the lithography process which forms the resist film on the formation process of the magnetic-substance thin film which it is going to process, next a magnetic-substance thin film, and forms a pattern in the resist film using light, an electron ray, an ionic line, etc., the process which uses a resist pattern as a mask and etches a magnetic-substance thin film further, and the process which removes the residue by the resist and etching which remained. Among these, although a thin film formation process, a photolithography process, and a residue removal process can divert semiconductor technology, since the magnetic substance is an ingredient with difficult etching unlike a common semiconductor material, it is difficult to use the usual RIE (Reactive Ion etching) used in a semi-conductor process, and the physical etching approaches, such as ion milling by the ion by which electric-field acceleration was carried out carrying out the spatter of the sample front face instead, are used.

[0012] The manufacture approach of conventional pattern DOMEDIA which used ion beam milling for drawing 13 (e) from drawing 13 (a) is shown. That is, first, as shown in drawing 13 (a), the ferromagnetic layer 520 which uses a spatter etc. and contains Fe, Co, nickel, etc. is formed on the substrates 510, such as Si. Next, the resist pattern 530 equivalent to a desired pattern is formed by the electron beam lithography on this ferromagnetic layer 520. Furthermore, as shown in drawing 13 (b), ion beam milling is performed by using this resist pattern 530 as a mask, and the ferromagnetic layer 520 of an outcrop is etched. Then, as the resist film which remained as shown in drawing 13 (c) is removed and it is shown in drawing 13 (d), the non-magnetic-material film 540 was covered so that the slot formed of ion milling might be filled, and pattern DOMEDIA which finally shows a substrate front face to drawing 13 (e) by performing CMP (Chemical Mechanical Polishing) has been obtained.

[0013] However, by the conventional manufacture approach mentioned above, since the ferromagnetic layer 520 is processed using ion beam milling, a damage remains in the crystal on the front face of processing. Therefore, processing without a damage is desired for improvement in the further magnetic properties.

[0014] Moreover, since etching by ion beam milling is physical, the difference of the etching rate by the difference in the matter used as the candidate for etching is hardly produced. Since the ferromagnetic layer 520 and a resist pattern 530 are shaved at the almost same rate, it depends for the aspect ratio of a processible configuration on the thickness of the resist pattern 530 which is a mask.

If the concavo-convex level difference of a resist is about 20nm, as for the ferromagnetic etched, a depth of 20nm will serve as a limitation. Therefore, in order to perform good processing of an aspect ratio, a resist with thin thickness cannot be used.

[0015] Moreover, in HDD of high recording density, in order to reduce the spacing of a magnetic-recording medium and the magnetic head, the front face of a magnetic-recording medium must be smooth. Therefore, as shown in drawing 13 (e), after embedding the non-magnetic-material layer 540 in the crevice of the etched ferromagnetic, it is necessary to graduate a substrate front face at a CMP process. This CMP process is a burden on a process, when forming pattern DOMEDIA.

[0016] On the other hand, the medium (IEEE Transactions-Magnetics Vol.25, No.5, pp 3381-3383, 1989) of the discrete truck method which is a kind of pattern DOMEDIA is proposed recently.

Although this is etching the magnetic layer of the field between trucks by ion milling etc. and it is the media in which the magnetic layer was formed only to the truck field, the level difference of 20-50nm resulting from the existence of a magnetic layer exists in a medium front face, and it is pointed out that this irregularity causes the problem of reducing seeking endurance remarkably.

[0017] In order to solve the problem of the irregularity on this front face of a medium, the media of the discrete method which carried out the ion implantation of nitrogen ion or the oxygen ion, and the magnetic layer which should serve as a field between trucks was made to make nonmagnetic are proposed (JP,5-205257,A).

[0018] Moreover, the approach of forming pattern DOMEDIA by oxidizing alternatively the medium front face which carried out the mask as an approach of forming pattern DOMEDIA with a smooth front face is proposed (United States patent number 6,168,845).

[0019] Since an etching process is not used for the method of pouring in these oxygen ion, or the method of oxidizing a front face partially, the problem of the irregularity of the front face by ion milling is not generated. However, since the volume of the oxidation field made to non-magnetic-material-ize increases and the medium front face of an oxidation field rises, no these approaches can lose irregularity on the front face of a medium completely.

[0020] Furthermore, since it is desirable to use mask material with strong oxidation resistance when using oxidation reaction and the usual resist exfoliation processes, such as O₂ ashing process, cannot be used for removal of these mask material, the burden of a process is large.

[0021] Moreover, although ion milling is used and these layers are physically etched in case each memory device field is demarcated after forming on a substrate the film which needs a lower layer ferromagnetic layer, a tunnel oxide-film layer, the upper ferromagnetic layer, etc. also about manufacture of MRAM, a short circuit may arise between up-and-down ferromagnetic layers by the etching damage or the etch residue. Therefore, the yield without these problems is high and, moreover, use of the magnetic-substance patterning approach with sufficient productivity is desired.

[0022] On the other hand, the following technical problems exist also about the writing of the servo field formed in a magnetic-recording medium. First, when using the usual sample servo (sector servo) method, the process which writes in servo information using the conventional servo writer is needed, but migration control of the head is carried out, and in order to carry out sequential record of the servo information to each servo field of all the trucks set up on a magnetic-recording medium, it is one of the processes which requires a long time also in a production process. If recording density will improve from now on, many servo amount of information will also be needed, and the write-in time amount of the servo information by the servo writer will come to take long duration further. Therefore, in order to mass-produce high recording density HDD equipment cheaply, to shorten the time amount which the write-in process of servo information takes is desired.

[0023] Moreover, since servo information is written in the whole surface especially in the case of a depths servo system while the process which forms a depths servo field in addition to formation of a magnetic-recording medium is required in the case of the magnetic-recording medium using a depths servo system, the time burden which writing takes is very large, and the request to the shortening is larger than the sample servo system mentioned above.

[0024] Therefore, also about the writing of servo information, it replaces with the approach which used the conventional servo writer, and adoption of the patterning approach of the magnetic substance in which the package writing of the servo information on a magnetic-recording medium with high productivity is possible is desired.

[0025] This invention is made in view of the above-mentioned technical problem, and the 1st purpose of this invention does not have a physical damage applicable to manufacture of various magnetic-substance products, and offers the magnetic-substance patterning approach that productivity is high.

[0026] The 2nd purpose of this invention is offering the magnetic-recording medium which has pattern DOMEDIA formed by the above-mentioned magnetic-substance patterning approach.

[0027] The 3rd purpose of this invention is offering the magnetic-recording medium which wrote in servo information by the above-mentioned magnetic-substance patterning approach.

[0028] The 4th purpose of this invention is offering MRAM produced using the above-mentioned magnetic-substance patterning approach.

[0029]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, the magnetic-substance pattern approach of this invention The process which forms the ferromagnetic layer which contains at least a kind of element chosen from Fe, Co, and nickel, The process which carries out the mask of this ferromagnetic layer front face alternatively, and the outcrop of a ferromagnetic layer front face activity reaction Guth containing a halogen -- it puts to *****, said outcrop and its lower layer are deteriorated by the chemical reaction to a compound with the component in this reactant gas or reaction mixture, and it is characterized by having the reaction process formed into un-ferromagnetism.

[0030] In addition, "non-ferromagnetic-ization" means vanishing the magnetism as a ferromagnetic at least, and means changing to a non-magnetic-material or paramagnetic-material-property here.

[0031] According to the description of the patterning approach of the magnetic substance of above-mentioned this invention, since a non-ferromagnetic layer is alternatively formed of the chemical reaction of a halogen and a ferromagnetic layer, the magnetic pattern which consists of a ferromagnetic layer and a non-ferromagnetic layer can be formed by it. Since the chemical reaction is used, there is no physical damage and, moreover, patterning of the large field can be carried out at a package process. Moreover, since the halogenated non-magnetic-material field does not have cubical expansion like oxidation, a very good smooth front face can be obtained without a smooth chemically-modified degree. Furthermore, since the halogenation reaction is used, it is also possible to be able to use a general resist and to use oxygen ashing for resist removal. Manufacture of various magnetic-substance products, such as magnetic-recording components, such as MRAM, is attained at the package writing of pattern DOMEDIA and the servo information on a magnetic-recording medium, and a pan using this magnetic-substance patterning.

[0032] In the magnetic-recording medium which has two or more record sections which consist of a ferromagnetic which contains at least a kind of element for which the 1st magnetic-recording medium of this invention is chosen from Fe, Co, and nickel, and the non-ferromagnetic field which separates the record section mutually, respectively, the above-mentioned non-ferromagnetic field is characterized by being the compound of the above-mentioned ferromagnetic and a halogen.

[0033] According to the description of the 1st magnetic-recording medium of above-mentioned this invention, pattern DOMEDIA can be offered in the non-ferromagnetic field which consists of a halogenated compound of the record section which consists of a ferromagnetic, and this ferromagnetic. Since this non-magnetic-material field is formed by the chemical approach, a record section hardly receives a damage. For this reason, there is little degradation of the magnetic properties by manufacture conditions, and it can acquire good magnetic properties. Moreover, there is almost no irregularity in a front face with the record section which consists of a non-magnetic-material field which is a halogenated compound, and a ferromagnetic, and substrate surface smoothness can offer a good magnetic-recording medium.

[0034] In the magnetic-recording medium possessing the servo layer which has two or more record sections which consist of a ferromagnetic which contains at least a kind of element for which the 2nd magnetic-recording medium of this invention is chosen from Fe, Co, and nickel, and the non-ferromagnetic field which separates this record section mutually, respectively, the above-mentioned non-ferromagnetic field is characterized by being the compound of the above-mentioned ferromagnetic and a halogen.

[0035] Since the servo information written in into the servo layer of a magnetic-recording medium is

written in with the pattern of the existence of the halogenated compound layer which can be formed by the chemical reaction according to the 2nd description of the magnetic-recording medium of above-mentioned this invention, the magnetic-substance patterning approach which can write in servo information is collectively employable as a large area. And since the cubical expansion in a halogenated compound layer is very small when servo information is written in by the existence of a halogenated compound layer, the magnetic-recording medium excellent in the smooth nature on the front face of a substrate can be offered.

[0036] The lower electrode layer by which the magnetic random access memory of this invention was formed in the substrate front face, The 1st a little more than magnetic layer formed on said lower electrode with the 1st ferromagnetic which contains at least a kind of element chosen from Fe, Co, and nickel, The tunnel insulating layer formed on the 1st a little more than magnetic layer, and the 2nd a little more than magnetic layer formed on the tunnel insulating layer with the 2nd ferromagnetic which contains at least a kind of element chosen from Fe, Co, and nickel, It has an insulating layer surrounding the perimeter of the 1st a little more than magnetic layer, a tunnel insulating layer, and the 2nd a little more than magnetic layer, and the above-mentioned insulator layer is characterized by providing the 1st ferromagnetic and the compound layer of a halogen, and the 2nd a little more than magnetic layer and the compound layer of a halogen.

[0037] Since the insulating layer surrounding the perimeter of a side face of the 1st a little more than magnetic layer, a tunnel insulating layer, and the 2nd a little more than magnetic layer is formed in the halogenated compound layer according to the magnetic random access memory of above-mentioned this invention, the magnetic-substance patterning approach using a halogenation reaction without etching can be adopted, and component formation can be performed. Therefore, there is no leak accompanying etching and MRAM with a high degree of integration can be offered at a large area package process.

[0038]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained, referring to a drawing.

[0039] [Gestalt of the 1st operation] Drawing 1 (a) is the part plan showing the structure of the magnetic-recording medium of the gestalt of this operation, and drawing 1 (b) is the perspective view.

[0040] The magnetic-recording medium concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention As it is the so-called pattern DOMEDIA and is shown in drawing 1 (a) and drawing 1 (b) Ferromagnetic field 20A containing Fe, Co, or nickel which has a recording layer in the upper layer of a substrate 10, and has the scattered outcrop of this recording layer in the upper layer at least, It has the non-ferromagnetic field 40 of this ferromagnetic field 20A which surrounds the perimeter of a management at least, and each substantial record section is mutually separated by the non-ferromagnetic field 40, respectively. In addition, a non-ferromagnetic field is a field which disappeared the magnetism as a ferromagnetic at least, and the field which shows a non-magnetic-material, diamagnetic-material, or paramagnetic-material-property is said here.

[0041] This non-ferromagnetic field 40 makes the layer of the same component as ferromagnetic field 20A react to activity reactant gas and a chemistry target, is made to form into un-ferromagnetism, and contains in that presentation either of the presentations which are common in ferromagnetic field 20A, i.e., Fe, Co, and nickel.

[0042] Since according to the magnetic-recording medium of the gestalt of the 1st operation a CMP process can also be skipped while etching processes, such as such ion milling needed with the conventional pattern DOMEDIA making process, are unnecessary, simplification of a large process is attained. Furthermore, since the damage accompanying processes, such as ion milling, can also be lost, improvement in magnetic properties can be aimed at.

[0043] Hereafter, the structure and its manufacture approach of a magnetic-recording medium of this operation are explained more concretely. [of a gestalt]

[0044] As shown in drawing 1 (a), in the front face of a magnetic-recording medium, ferromagnetic field 20A is arranged regularly at fixed interval, and the non-ferromagnetic field 40 is formed in the perimeter. Each ferromagnetic field 20A constitutes 1 record bit which is a record unit. Although it is desirable to make it the field which became independent completely, respectively as for each

ferromagnetic field 20A, the management of ferromagnetic field 20A should just be having the perimeter surrounded by the non-ferromagnetic field 40 at least, as shown in drawing 1 (b). Thereby, each record section is separated substantially. Each magnetic-substance field 20A may be 80nm or less desirably below 100nm angle, respectively so that the magnetization direction may be in the single domain condition which was equal to the one direction. In addition, the configuration of each ferromagnetic field 20A is not restricted to a rectangle, but is made to various configurations. For example, it is good also as a round shape, an ellipse form, etc.

[0045] Although either a longitudinal recording method or a vertical recording method is OK as the recording method to ferromagnetic field 20A, for realizing high recording density, it is desirable to take a vertical recording method.

[0046] Ferromagnetic field 20A contains in the presentation one element of Fe(s), nickel, and Co(es) which are a ferromagnetic material, for example, consists of the crystal ingredient of a nickel-Fe system or a Fe-aluminum-Si system, the amorphous material of Co radical of a Co-Zr-Nb system, Fe system microcrystal ingredient of a Fe-Ta-N system, Fe and Co, Fe-Co, Co-Cr, a Ba ferrite, etc. Among these, it is desirable to form with ingredients, such as alloy systems, such as big CoPt of a perpendicular magnetic anisotropy, CoCrPt, FeCo, FePd, and FePt, or Co/Pd, and a Co/Pt artificial grid.

[0047] Moreover, the non-ferromagnetic field 40 made the layer of the same presentation as ferromagnetic field 20A mentioned above halogenate. For example, as a thing made to halogenate, CoF₂, CoF₃, FeF₂, FeF₃, and NiF₂ can be mentioned. Although these are all diamagnetism ingredients, if CoF₃ and FeF₃ are removed, since it is low, magnetic phase transition temperature (TN) shows a paramagnetism in a room temperature.

[0048] Drawing 2 (a) to drawing 2 (c) is process drawing showing the manufacture approach of the magnetic-recording medium concerning the gestalt of this operation.

[0049] First, the ferromagnetic layer 20 of about 10nm - 50nm of thickness is formed by approaches, such as a spatter, on the substrates 10, such as Si substrate, so that drawing 2 (a) may be referred to. On the substrate 10 with which this ferromagnetic layer 20 was formed, a resist 30 is coated by a spin coater etc. Especially limitation does not have the thickness of a resist 30. What is necessary is just the thickness which can cover the front face of the ferromagnetic layer 20 without a pinhole. A resist 30 is alternatively exposed using EB drawing etc., and the resist pattern equivalent to the flat-surface pattern of drawing 1 (a) is formed through a development process. That is, the front face of the part which it leaves as a ferromagnetic field is covered with a resist 30, and the other part is exposed. Then, what finished patterning of a resist is put into the activity reactant gas containing a halogen.

[0050] As reactant gas containing a halogen, the gas of CF₄, CHF₃, CH₂F₂, C₂F₆, C₄F₈, SF₆ and Cl₂, CCl₂F₂, CF₃I, and C₂F₄ grade can be used, for example.

[0051] In addition, it is desirable activity [as a gestalt of activity reactant gas] to suppose that it is radical. Although there are various approaches among the generating approaches of a radical, existing plasma-CVD equipment and an existing dry etching system can be used, for example. If reactant gas is introduced in the chamber of these equipments, high-frequency voltage is applied and the plasma is generated, the electron by which electric-field acceleration was carried out collides with reactant gas, reactant gas is separated, and a chemical very activity radical can be generated. Although ordinary temperature is sufficient as substrate temperature, it may be heated in the range which does not affect the magnetism of a ferromagnetic field in order to raise a reaction rate more.

[0052] As an example suitable as a plasma generator, inductively-coupled-plasma (ICP:Inductive Coupled Plasma) equipment is mentioned, for example. ICP equipment is equipped with PlatenRF with the function to guide the plasma to a substrate side apart from CoilRF which mainly has a plasma generating function, and an output setup is separately possible for these. For example, while generating the high density plasma suitable for radical reaction by setting CoilRF as 300W and setting PlatenRF as 0W, in order not to give a damage to a medium front face, it becomes possible to suppress the effectiveness of a spatter to the minimum. In addition, in order to prevent the spatter on the front face of a medium, the pressure in a reactor is heightened a little, for example, is more preferably set to about 20 mtorr(s) ten to 30 mtorr. Moreover, when using CF₄ as reactant gas, a quantity of gas flow is preferably set to about 20 sccm(s) ten to 50 sccm.

[0053] For example, as shown in drawing 2 (a), when the ferromagnetic layer 20 which is not covered by activity F radical generated from CF₄ gas at a resist 30 is put, ferromagnetic layer 20 exposed front face is gradually halogenated in the depth direction by F radical.

[0054] In this way, as shown in drawing 2 (b), the halogenated field serves as a halide layer, disappears magnetism and turns into the non-ferromagnetic field 40. On the other hand, the field where the front face is covered with the resist 30 is set to ferromagnetic field 20A. In addition, although it is desirable to consider as the almost same depth as the ferromagnetic layer 20 as for the depth of the non-ferromagnetic field 40, it is not necessarily the same depth, for example, let it be the 2/3 or more depth to the thickness of the ferromagnetic layer 20 more preferably than 1/2 or more.

[0055] In addition, there is no need of being not necessarily a dry process, and the same result is obtained also by wet process. For example, CoCl₃ grade may be made to halogenate using a HCl solution.

[0056] If exfoliation removal of the resist 30 which remained is carried out at the end, pattern DOMEDIA shown in drawing 2 (c) and drawing 1 (a), and drawing 1 (b) can be obtained. In addition, ashing required with the oxygen plasma can be used for exfoliation removal of a resist.

[0057] According to the manufacture approach concerning the gestalt of the 1st operation mentioned above, pattern DOMEDIA which surrounded the record section of the ferromagnetic layer 20 in the non-ferromagnetic field 40 which is a halogenation metal can be obtained. For example, the halogenation reaction generated. The magnetic phase transition temperature (T_n) of CoF₂ which is the non-ferromagnetic field 40, and NiF₂ is each. It is very as low as 38K and 73K. Therefore, at the room temperature, since there is no magnetic interaction between contiguity record bits in order to certainly show a paramagnetism, and contiguity magnetic recording is isolated, it is suitable for pattern DOMEDIA.

[0058] On the other hand, T_n(s) of CoO obtained by oxidation reaction or NiO which are the non-magnetic-material fields of discrete media or pattern DOMEDIA indicated by already explained JP,5-205157,A and the United States patent number 6,169,845 are T_n=291K and 548K, respectively. Therefore, the metal oxide generated by oxidation reaction shows antiferromagnetism at a room temperature. By the medium by which the ferromagnetic was embedded at the antiferromagnetic substance, it may not have been magnetically isolated completely by the ferromagnetic layer, but it may have a bad influence on the magnetic recording of a contiguity record bit. For example, when the same signal is recorded on a contiguity bit, possibility that storage will disappear by flux reversal is large.

[0059] Therefore, pattern DOMEDIA which has the non-magnetic-material field obtained by the halogenation reaction concerning the gestalt of the 1st operation can acquire better magnetic properties compared with pattern DOMEDIA which has the non-magnetic-material field obtained by oxidation reaction.

[0060] Moreover, generally, as represented in CaF₂ (fluorite), since ionic crystal nature is strong, halide, especially a fluoride tend to obtain a crystal with a good stacking tendency. It is refractory in water and chemically stable. When the fluoride and oxide of the same metal are compared, the bond dissociation energy (D) of a fluoride is larger generally. For example, D of MgF₂ is 511.7 kJ/mol and D of MgO is 336.8 kJ/mol. Therefore, a fluoride can expect stability higher than an oxide.

[0061] Furthermore, the good stacking tendency of a fluoride arranges the particle diameter of adjoining ferromagnetic field 20A, and can also expect the effectiveness of improving the magnetic properties of a ferromagnetic field more.

[0062] In addition, although the lattice constant of a c-axis is ***** of 4.124, since the lattice constant of the c-axis of a fluoride CoF₂ has opposite ** as small as 3.180, CoO which is an oxide does not almost have cubical expansion which is produced in oxidation reaction. Therefore, there is little generating of the irregularity by existence of a halogenation field, and it shows very good smooth nature.

[0063] According to the manufacture approach concerning the gestalt of the 1st operation mentioned above, since the front face of the ferromagnetic layer 20 is not etched, the surface height of the non-ferromagnetic field 40 and ferromagnetic field 20A is almost equal, and the smooth front face at the time of reaction initiation is maintained mostly. Therefore, since the process which graduates the front face by CMP by the final process is not needed like [in the case of producing pattern

DOMEDIA using ion milling like before], a production process can be shortened sharply.

[0064] Moreover, although the effect of the damage by ion milling remains in the processing front face of a ferromagnetic field, for example, the side attachment wall, when ion milling is used, according to the approach of the gestalt the 1st operation, there is nothing that are mentioned above and for which ferromagnetic field 20A receives such a damage. Therefore, it is hard to produce property degradation of ferromagnetic field 20A resulting from a process.

[0065] Furthermore, by the conventional patterning approach which used the oxidation reaction mentioned above, since metals, such as Ti with mainly high oxidation resistance, and the inorganic film of SiO₂ grade are used as a mask, after oxidation reaction, since these masks are exfoliated, a RIE process is required, and a part of medium front face may receive a damage by the spatter at this time. On the other hand, by the patterning approach of the magnetic substance concerning the gestalt of the 1st operation, since the halogenation reaction is used, a common resist mask can be used and, moreover, the damage on the front face of a medium can exfoliate a resist simple by very small oxygen ashing.

[0066] Furthermore, according to the manufacture approach of the gestalt the 1st operation, since [which is mentioned above] the configuration of ferromagnetic field 20A is not dependent on resist thickness, resist thickness can be made thin. for this reason, a jib -- a thin resist pattern with a thickness [of the shape of a dot using the self-organizing phenomenon (phase separation phenomenon) of a lock copolymer] of about 20nm can also be used. what a block copolymer is a copolymer which consists of a straight chain polymer which makes two or more homopolymers a constituent, and two kinds of especially polymers combined chemically -- a jib -- it is called a lock copolymer. for example, the jib which consists of polystyrene (PS) generally used to an optical disk substrate etc. as such resist material, and polymethylmethacrylate (PMMA) -- a lock copolymer etc. can be used.

[0067] Although a block copolymer can form various structures easily by controlling a presentation ratio and molecular weight, if the liquids and solutions which mixed polymethylmethacrylate (PMMA) with polystyrene (PS) are coated on the ferromagnetic layer 20 for example, the sea island structure which carried out phase separation to the "sea" field which consists of an "island"-like field which consists of PMMA, and PS can be obtained. If this is exposed into ozone and PS is made to evaporate alternatively, the thickness of 20nm of regular PMMA and the dot pattern below diameter 40nm can be obtained. That is, the dot pattern of magnitude suitable for formation of pattern DOMEDIA can be formed collectively.

[0068] Although it is difficult to use such a thin resist by the approach using the conventional ion beam milling, by the approach of the gestalt the 1st operation using chemical technique, it can fully be used as a resist. this jib -- if patterning of a resist is performed using the self-organizing phenomenon of a lock copolymer, since patterning of the resist by EB drawing which requires long duration will become unnecessary, it becomes a means very effective in simplification of a process.

[0069] Thus, according to the magnetic-recording medium of the gestalt of the 1st operation, in addition to the cross talk from the outstanding heat fluctuation resistance which the pattern DOMEDIA structure itself has, and a contiguity bit, and the screening effect of partialness erasion, improvement in the magnetic properties by reduction of the damage received into a production process and shortening of a process can be attained.

[0070] In order to check the effectiveness of pattern DOMEDIA concerning the gestalt of the 1st operation hereafter, the example which the artificer etc. performed is explained.

[0071] (Example 1) First, 20nm of CoPt(s) was formed on Si substrate by the spatter, and the MFM (magnetic force microscope) image on this front face of a sample was observed. The image of a vertical-magnetic-recording medium with the good arabesque design of the contrast which is the magnetic pattern of a typical ferromagnetic was observed. When the vertical hysteresis curve was measured by VSM (oscillating sample mold magnetometer), the curve of the remanence ratio 0.49 as shown in drawing 3 (a), and coercive force 1500Oe was obtained.

[0072] Then, the presentation on the front face of a sample was analyzed using XPS (X-ray photoelectron spectroscopy). Binding energy = 778eV The peak peculiar to Co was observed. Moreover, although the peak (781eV) of CoO was also checked by coincidence, this is based on the natural oxidation by the oxygen in atmospheric air. Moreover, two peaks peculiar to Pt were also

observed by 70-75eV.

[0073] Next, the sample which formed 20nm of CoPt(s) on Si substrate by the sputter similarly was placed in the seal chamber, the plasma was generated within the chamber, CF₄ gas was introduced here, and F radical was made to generate. In this way, the sample front face was exposed to F radical for about 30 seconds. In addition, sample temperature at this time was made into the room temperature.

[0074] Then, it is 778eV when the presentation on the front face of a sample was analyzed using XPS (X-ray photoelectron spectroscopy). (Co) 781eV (CoO) Both peaks disappear and it is newly 783eV. The peak (cobalt fluoride) was observed. In addition, the peak shift was not observed by Pt peak. This is exposed to F radical and it is shown that the front face deteriorated in cobalt fluoride certainly.

[0075] Furthermore, when the presentation on the front face of a sample was analyzed using AES (scanning Auger-electron-spectroscopy equipment), it has checked that CoPt was changing to cobalt fluoride. By observing aging of the peak of cobalt fluoride, carrying out a sputter, it turned out that cobalt fluoride exists from a medium front face to a depth of about 10nm. When lengthening F radical exposure period furthermore (10 minutes), the thing which is the thickness of CoPt and for which-izing of the 20nm of all can be carried out [halide] has also been checked.

[0076] Moreover, when the MFM image on the front face of a sample was observed, the typical MFM image seen when magnetization disappears was observed.

[0077] When this sample was observed by VSM, the data of a typical paramagnetic material as shown in drawing 3 (b) were obtained. Although CoF₂ is originally diamagnetic material, since Neel temperature is very low, it is for carrying out behavior like paramagnetic material at a room temperature.

[0078] It has checked that the CoPt film which is a ferromagnetic layer was halide-ized for a short time, and disappeared the MAG by being exposed to F radical from this result.

[0079] (Example 2) CoF₂ which is diamagnetic material The sample of pattern DOMEDIA which enclosed CoPt which is a ferromagnetic was manufactured. That is, after forming 20nm of CoPt(s) on Si substrate by the sputter first, on this CoPt film, with the spin coat, the resist with a thickness of about 1.0 micrometers was applied and one-shot exposure and a resist pattern as shown in drawing 4 (a) through the process of development were formed. In addition, size of each ferromagnetic field in a surface layer was used as 2.0-micrometer angle here.

[0080] This sample front face was exposed for about 30 seconds into F radical generated on the same conditions as an example 1 with the room temperature. Then, the resist was removed using oxygen Usher.

[0081] When the MFM image of this sample was observed, the magnetic pattern equivalent to a resist pattern as shown in drawing 4 (b) was able to be obtained. That is, about the field covered with the resist film, the MFM image of a ferromagnetic with a typical perpendicular magnetic anisotropy was observed, and the typical MFM image seen when magnetization disappears was observed in the field which the CoPt side had exposed.

[0082] Moreover, when the field which the CoPt side had exposed was analyzed using XPS, it has checked that CoPt was changing to halide. In addition, although the presentation is identified here using XPS, it can also check using surface analysis equipments, such as AES and SIMS (secondary-ion-mass-spectroscopy equipment).

[0083] In this way, irregularity did not have the obtained sample in a front face, and although it was a continuation thin film uniformly, as magnetically shown in drawing 1 (a) or drawing 1 (b), it has checked that it was pattern DOMEDIA which ferromagnetic field 20A isolated to the surface layer at least arranged regularly all over the non-ferromagnetic field 40.

[0084] (Example 3) In order to form a ferromagnetic field pattern more detailed than the example 2 mentioned above, EB (electron beam) drawing was performed on the occasion of exposure of a resist. In this way, the ferromagnetic field pattern with detailed about 80nm angle was formed. About conditions other than this, the sample was produced using the same conditions as the conditions of the example 2 mentioned above. Namely, after forming 20nm of CoPt(s) on Si substrate by the sputter, NEGAREJISUTO was coated on this, the detailed resist pattern was formed by EB drawing, and it was exposed for about 30 seconds into F radical at the room temperature. Then, the resist was

removed.

[0085] When the obtained sample was observed by MFM, the monochrome image was obtained in the ferromagnetic field. That is, when the ferromagnetic field was made small to 80nm angle size extent, it has checked that a single domain condition was formed in this field. When vertical magnetic properties were observed by VSM, a remanence ratio 1.00 and coercive force 4500Oe were obtained. In an example 1, it is 3 times this value of this in twice and coercive force at a remanence ratio as compared with the VSM curve of the CoPt film after the spatter which was not exposed to F radical, and improvement in magnetic properties was found. Moreover, these magnetic properties were the examples 1 of a comparison mentioned later, and even if compared with pattern DOMEDIA of the same size produced by the conventional approach, they have checked that the better property was acquired.

[0086] (Example 4) 30nm of CoPt(s) was formed on Si substrate by the spatter. Then, it was left under the oxygen ambient atmosphere on the 1st, and the CoPt front face was oxidized. When the front face was observed by XPS, the peak (781eV) of CoO was checked.

[0087] Then, on this CoPt film, with the spin coat, the resist with a thickness of about 1.0 micrometers was applied and the rectangle resist pattern of one-shot exposure and two or more 2.0-micrometer angles as shown in drawing 4 (a) through the process of development was formed.

[0088] This sample front face was exposed for about 30 seconds into F radical generated on the same conditions as an example 1 with the room temperature. Then, the resist was removed using oxygen Usher.

[0089] When the MFM image of this sample was observed, the magnetic pattern equivalent to a resist pattern as shown in drawing 4 (b) was able to be obtained. That is, about the field covered with the resist film, the MFM image of a ferromagnetic with a typical perpendicular magnetic anisotropy was observed, and the typical MFM image seen when magnetization disappears was observed in the field which the CoPt side had exposed. By the concavo-convex image (the same thing as an AFM irregularity image) measured by coincidence, irregularity was hardly observed.

[0090] Moreover, when the field which the CoPt side had exposed was analyzed using XPS, it has checked that CoPt was changing to halide.

[0091] Consequently, also when the reaction front face had carried out natural oxidation beforehand, the substitution reaction of a subsequent fluorine radical showed that a halide layer could be obtained. Moreover, the medium front face found that formation of pattern DOMEDIA which does not almost have irregularity was possible by this approach.

[0092] (Example 1 of a comparison) As an example of a comparison, the sample was produced according to the process of conventional general pattern DOMEDIA. That is, after forming 20nm of CoPt(s) on Si substrate by the spatter, the front face was coated with NEGAREJISUTO and the pattern which is equivalent to the ferromagnetic field of 80nm angle like an example 3 was formed by EB drawing. Then, the sample front face was etched into homogeneity by Ar ion beam milling. In the place which etched about 20nm of CoPt(s) of the field which is not covered with a resist, the remaining resist was removed by O₂ ashing. Then, the front face was covered so that the slot of CoPt which formed SiO₂ [20nm] by the spatter, and was formed of ion milling might be filled. Furthermore, CMP processing was performed and the front face was ground. In this way, pattern DOMEDIA which enclosed CoPt which is the ferromagnetic field of about 80nm angle independently by SiO₂, respectively was obtained. That is, the produced sample is equivalent to that from which the halide section of the sample produced in the example 3 was set to SiO₂.

[0093] When the CoPt part was observed, it was almost the same as the magnetic image of the example 2 which used size of a ferromagnetic field as 2-micrometer angle at MFM. When vertical magnetic properties were observed by VSM, as for the remanence ratio, 0.70 and coercive force 2000Oe were obtained. Although this value was improving compared with the magnetic properties of the continuation film of CoPt immediately after a spatter which is an example 1 and did not perform F radical exposure, as compared with pattern DOMEDIA which has the ferromagnetic field of the same size of an example 3, that magnetic property was inferior.

[0094] (Result) From contrast with an example 3 and the example of a comparison, pattern DOMEDIA of an example 3 has checked the production process is not only simple, but that could improve the magnetic properties of a ferromagnetic field as compared with pattern DOMEDIA of the

example of a comparison.

[0095] By the sample of the example of a comparison, since the chemical approach without a physical damage is used by the sample of an example 3 to the processing front face of a ferromagnetic field having received the damage not a little since it is processed using ion beam milling, it is considered to be one of the reason of the that there is no damage in a ferromagnetic front face.

[0096] halide is moreover, like [although CoPt is halide-ized and the non-ferromagnetic field is formed in pattern DOMEDIA of an example 3] SiO₂ which is an ionicity crystal and forms the non-magnetic-material field of pattern DOMEDIA of the example of a comparison -- it is not amorphous (amorphous substance). Therefore, the good stacking tendency of this ionicity crystal arranges the particle size of CoPt of an adjoining ferromagnetic field, and is considered to be the factor which raises magnetic properties more.

[0097] Moreover, from the result of an example 4, when the halogenation reaction was used for formation of a non-magnetic-material field, it has checked filling enough the smooth nature for which an HDD medium is asked, i.e., the concavo-convex range of 0.8nm or less.

[0098] [Gestalt of the 2nd operation] Drawing 5 is the sectional view showing the structure of pattern DOMEDIA concerning the gestalt of the 2nd operation.

[0099] The chemical approach as the approach explained to the gestalt of the 1st operation also with the pattern DOMEDIA same [the formation approach of a non-ferromagnetic field] concerning the gestalt of the 2nd operation is used. A different point from the gestalt of the 1st operation is a point which forms the artificial grid film instead of forming the ferromagnetic thin film of a monolayer on Si substrate. What carried out the laminating of two or more layers, such as a ferromagnetic layer and a metal layer, to the artificial grid film regularly by turns, for example, carried out the laminating of Co, Pt, or Co and Pd to it by turns is known. If such artificial grid film is used, high coercive force can be acquired. The configurations and the manufacture approaches other than this are common in the approach of the gestalt the 1st operation.

[0100] In order to form pattern DOMEDIA concerning the gestalt of the 2nd operation, as shown in drawing 5, the artificial grid film which carried out the laminating of Co film and the Pt film by turns is first formed by approaches, such as a spatter, on a substrate 10. For example, the thickness of Co layer sets 0.2nm - 1.0nm to 0.5nm preferably. Moreover, the thickness of Pt layer sets 0.5nm - 2.0nm to 1.0-2.0nm preferably. Moreover, about ten layers and Pt number of layers make [more / much more] the number of layers of each class than Co number of layers.

[0101] The next process is the same as that of the case of the gestalt of the 1st operation fundamentally, forms a resist on the artificial grid film 21, exposes a resist alternatively using EB drawing etc., and forms the resist pattern equivalent to the part which remains as a ferromagnetic field through a development process. Then, artificial grid film 21 front face which formed the resist pattern in activity reactant gas or reaction mixture is put.

[0102] For example, if artificial grid film 21 front face in which the resist pattern was formed is put to F radical, F radical will halogenate artificial grid film 21 exposed front face, and will form the halide field 25.

[0103] The structure by which the laminating was carried out regularly, especially its interface are important for an artificial grid. therefore, if physical damage and chemical presentation change are added even if it is one layer in a laminated structure, since the magnetism about an up-and-down laminating part will be lost, it is shown in drawing 5 -- as -- the halide field 25 -- the artificial grid film 21 -- it is very good only by the film of a surface layer.

[0104] The rest can obtain pattern DOMEDIA which has the non-ferromagnetic field 40 which surrounds ferromagnetic field 20A which consists of artificial grid film, and this field like drawing 1 (a), if the resist which remained is removed.

[0105] By the conventional approach using ion beam milling, in order for a damage to join the processing front face of a ferromagnetic field, it is difficult to form pattern DOMEDIA using the artificial grid with which few damages influence magnetic property, but if the approach concerning the gestalt of the 2nd operation is used, production of pattern DOMEDIA using the artificial grid film will become easy, so that it may mention above.

[0106] in addition, patterning of the resist using EB drawing since the thin resist film was used as

explained to the gestalt of the 1st operation also in this case -- replacing with -- a jib -- the resist-patterning method using the self-organizing phenomenon of a lock copolymer can be used.

[0107] In order to check the effectiveness of pattern DOMEDIA which used the artificial grid film concerning the gestalt of the 2nd operation hereafter, the example which the artificer etc. performed is explained.

[0108] (Example 5) First, on Si substrate, the sputter was used, the ten-layer laminating of Co film of 4.4nm of thickness and the Pt film of 9.5nm of thickness was carried out by turns, and the artificial grid film was formed. In this condition, when MFM was observed, the magnetic pattern peculiar to a ferromagnetic with a perpendicular magnetic anisotropy was observed. Moreover, when vertical magnetic properties were observed by VSM, a remanence ratio 0.8 and coercive force 2000Oe were obtained.

[0109] Then, the resist of 1.0 micrometers of thickness was coated on the artificial grid film, the ferromagnetic field pattern with detailed about 80nm angle was formed by EB drawing, it put to F radical about about 30 seconds at the room temperature by the same conditions as an example 1, and the exposed partial front face was halogenated. Then, the resist which remained was removed.

[0110] In this way, when the MFM image of the obtained sample was observed, it has checked by the contrast ratio with high existence of a ferromagnetic field and a non-ferromagnetic field. This contrast ratio was higher than what was obtained in the example 3. Moreover, about the ferromagnetic field, the monochrome image was formed and it was also checked that single domain-ization is made. In this part, when vertical magnetic properties were observed by VSM, a remanence ratio 1.00 and coercive force 5000Oe were obtained.

[0111] Thus, when pattern DOMEDIA was formed using the artificial grid film, it has checked that S/N still higher than the case where the monolayer of CoPt is used was obtained.

[0112] (Example 6) On the same conditions as an example 5, after forming the artificial grid film on a substrate, the liquids and solutions which mixed polymethylmethacrylate (PMMA) with polystyrene (PS) were coated on the artificial grid film, phase separation was carried out to the "sea" field which consists of an "island"-like field which consists of PMMA, and PS, and sea-island-structure formation was carried out. This was exposed into ozone, PS was evaporated alternatively, and the dot pattern of PMMA with a thickness [of about 20nm] and a diameter of about 40nm was formed.

[0113] Then, this sample was put to F radical about about 30 seconds at the room temperature, and the exposed partial front face was halogenated. Then, PMMA which remained was removed.

[0114] When the MFM image of the obtained sample was observed, the field covered with PMMA formed the ferromagnetic field of a single domain, and it has checked that the other field was a non-ferromagnetic field.

[0115] thus, the jib in which only 20nm concavo-convex level differences are according to the approach concerning the gestalt of this operation -- it has checked that pattern DOMEDIA which has a detailed ferromagnetic field using the resist pattern using the phase separation phenomenon by self-organizing of a lock copolymer was producible.

[0116] EB drawing this [whose] requires long duration -- replacing with -- a jib -- it is using the patterning approach of a resist using the phase separation of a lock copolymer, and means that the patterning process of a resist can be shortened sharply.

[0117] [Gestalt of the 3rd operation] The gestalt of the 3rd operation is related with an approach to write in the servo information on the servo field on a magnetic-recording medium. The patterning approach of the magnetic substance using the halogenation reaction explained with the gestalt of the 1st operation can also be used as an approach of the writing of the servo information not only when forming pattern DOMEDIA, but on a servo field being put in block, and performing it.

[0118] That is, the front face of a recording layer in which the ferromagnetic layer was formed is coated with a resist by the magnetic-recording medium concerning the gestalt of the 3rd operation, and the opening pattern equivalent to a servo signal pattern is formed in the part used as a servo field. the wedge-action-die pattern 65 as the servo signal pattern generally used and been easy to be shown in drawing 6 (a) -- about the same poor thing as plurality -- or what formed the pattern 66 alternately with right and left as shown in drawing 6 (b) is half-pitch ** carried out up and down, and a 2 **** poor thing etc. is formed.

[0119] A magnetic-recording medium is exposed to the inside of activity reactant gas, for example, F radical, on the same conditions as the gestalt of the 1st operation after resist pattern formation, the ferromagnetic layer of the opening part of a resist pattern is halide-ized, and it is made to change to a non-ferromagnetic field. If a resist is removed, the magnetic pattern equivalent to a resist pattern can be formed in the servo field on a magnetic-recording medium.

[0120] In addition, be [what is necessary / just since the magnetic pattern formed in a servo field can be checked as magnetic information], it does not ask which which of the inside of a pattern or an outside is made into a ferromagnetic field, and is made into a non-ferromagnetic field.

[0121] If servo information is written in using this approach, since the writing to each field can be performed at a package process, the time amount which the writing of servo information takes can be shortened sharply.

[0122] Furthermore, even if the magnetic head of an approach [to write in the servo information concerning the gestalt of implementation of the above 3rd] is in which location on a disk, it is applicable also to the servo information write-in approach of the magnetic-recording medium of the continuation servo system which can always take out a servo signal. The magnetic-recording medium which formed in the provisional-publication-of-a-patent P2000 No. -19200 official report the servo pattern located in the neighbors of a recording track all over the magnetic-recording medium as a magnetic-recording medium of a continuation servo system, for example is indicated. Although not touched by the formation approach of a servo pattern concrete only in describing that it is preformatted using a photolithography technique and thin film coating technology in this official report, the servo pattern used for this continuation servo system can be formed by the formation approach of pattern DOMEDIA concerning the gestalt of the 1st operation, and the same approach.

[0123] Drawing 7 shows an example of the servo pattern formed in the medium of a continuation servo system. As shown in this drawing, periodically, the servo pattern 81 is shifted a semicircle term on both sides of each recording track 82 in which a record section is formed, and is arranged on them. In addition, the configuration of the servo pattern 81 may not necessarily be restricted to the illustrated dot, and may be a rectangle and a major-axis pattern.

[0124] in addition, the jib which already explained the dot pattern 81 arranged regularly at the both sides of a recording track 82 -- it is also possible to carry out patterning using the regular dot-like resist pattern which used and formed the self-organizing phenomenon (phase separation phenomenon) of a lock copolymer. In this case, since a very detailed pattern is put in block all over a record medium and can be formed, without using an electron beam lithography etc., simplification of a large process can be attained and formation of the magnetic-recording medium of a continuation servo system becomes easy.

[0125] In addition, there may not be especially limitation about the recording method or structure of a recording layer of a record medium concerning the gestalt of the 3rd operation, and you may be the recording layer of the usual longitudinal recording method, and may be the recording layer of a vertical recording method. Moreover, the continuation film or artificial grid film of a monolayer is sufficient, or the 1st and pattern DOMEDIA which was explained to the gestalt of the 2nd operation are sufficient. When forming pattern DOMEDIA, servo information can be written in formation and coincidence of pattern DOMEDIA.

[0126] Hereafter, the example concerning the gestalt of the 3rd operation which the artificer etc. performed is explained.

[0127] (Example 7) The sample was produced on the same conditions as an example 2 except having formed the resist pattern equivalent to the opening pattern 65 of a wedge action die shown by drawing 6 (a). That is, after forming 20nm of CoPt(s) on Si substrate by the spatter, on this CoPt film, with the spin coat, the resist with a thickness of about 1.0 micrometers was applied and one-shot exposure and the opening pattern 65 of a wedge action die shown in drawing 6 (a) through the process of development were formed. Continuously, the sample front face was exposed for about 30 seconds into F radical with the room temperature. Then, the resist was removed using oxygen Usher.

[0128] It has checked that only CoPt of the opening part of a resist put to F radical had changed chemically to the antiferromagnetic substance (CoF₂) by XPS. Moreover, when observed by MFM, the magnetic image of the wedge pattern equivalent to a resist pattern was obtained.

[0129] It has checked that it could bundle up to a large area and the writing of servo information, i.e., tracking servo information, could be performed by using the patterning approach of the magnetic substance concerning the gestalt of the 3rd operation from this result.

[0130] (Example 8) What changed into the rectangle configuration the servo pattern 81 shown by drawing 7 was produced. The sample was produced on the same conditions as an example 2 except having formed the opening pattern corresponding to a servo pattern by the resist. After forming 20nm of CoPt(s) on Si substrate by the sputter, on this CoPt film, with the spin coat, the resist with a thickness of about 1.0 micrometers was applied and the rectangular opening pattern was formed through one-shot exposure and the process of development. Continuously, the sample front face was exposed for about 30 seconds into F radical with the room temperature. Then, the resist was removed using oxygen Usher.

[0131] It has checked that only CoPt of the opening part of a resist put to F radical had changed chemically to CoF₂ by XPS. Moreover, when observed by MFM, the magnetic image of the rectangle pattern equivalent to a resist pattern was obtained.

[0132] It has checked that it could bundle up to a large area and servo information, i.e., tracking servo information, could be recorded by using the patterning approach of the magnetic substance concerning the gestalt of the 3rd operation from this result.

[0133] [Gestalt of the 4th operation] The gestalt of the 4th operation is related with the structure and its manufacture approach of a magnetic-recording medium of a depths servo system.

[0134] The magnetic-recording medium structure of the depths servo system which starts the gestalt of the 4th operation at drawing 8 is shown.

[0135] The ferromagnetic layer 64 is formed on a substrate 15, and the non-ferromagnetic field 62 which has a servo information pattern in the surface layer is formed. The servo layer 60 is constituted by this ferromagnetic layer 64 and the non-ferromagnetic field 62. On the servo layer 60, the ferromagnetic layer 25 which is a recording layer is formed through the non-magnetic-material layer 70.

[0136] Drawing 9 (a) - drawing 9 (e) are process drawings showing the manufacture approach of the magnetic-recording medium concerning the gestalt of the 4th operation.

[0137] The formation approach of a servo layer uses the same chemical approach as the production approach of pattern DOMEDIA of the gestalt the 1st operation fundamentally. That is, first, as shown in drawing 9 (a), the ferromagnetic layer 64 is formed on a substrate 15 using a sputter etc. The various ferromagnetic materials containing Co, nickel, and Fe can be used for this ferromagnetic layer 64 like the ferromagnetic layer 20 of the gestalt of the 1st operation. Moreover, artificial grid film which was explained with the gestalt of the 2nd operation may be formed.

[0138] Next, the resist film is coated on the ferromagnetic layer 64, and the resist pattern 32 equivalent to servo information is formed all over a substrate on the ferromagnetic layer 64 through one-shot exposure and a development process. Although especially the resist pattern 32 is not limited, a common servo information pattern as shown, for example in drawing 6 (a) or drawing 6 (b) may be used. Then, a substrate front face is exposed to activity reactant gas and reaction mixture, for example, F radical, on the same conditions as the case of the gestalt of the 1st operation.

[0139] As shown in drawing 9 (b), the ferromagnetic layer 64 of a field exposed to F radical loses magnetism, and changes to the non-ferromagnetic field 62. In addition, since the non-magnetic-material field 62 just forms the magnetic pattern as servo information, its non-magnetic-material field 62 does not need to be so deep.

[0140] As shown in drawing 9 (c), after removing the resist which remained, as shown in drawing 9 (d), on a substrate front face, a CVD method etc. is used and a non-magnetic layer 70 is formed. Carbide, such as TiC besides nitrides, such as Si₃N₄, and AlN, TiN, BN, may be used for this non-magnetic layer 70. [the oxide of SiO₂, aluminum 2O₃, and TiO₂ grade, and]

[0141] Furthermore, as shown in drawing 9 (e), the ferromagnetic layer 25 is formed on a non-magnetic layer 70. In addition, there is especially no limitation in the ingredient and structure of this ferromagnetic layer 25. The continuation film of a monolayer may be used and pattern DOMEDIA which is explained to the gestalt of the 1st operation may be formed. Or artificial grid film which was explained to the gestalt of the 2nd operation may be formed. Moreover, it is good also as a recording layer of the usual longitudinal recording method, and good also as a recording layer of a

vertical recording method. In this way, the magnetic-recording medium of a depths servo system is obtained.

[0142] Although a positioning system can be performed with high precision by the magnetic-recording medium of a depths servo system since servo information is written in the servo layer 60 which became independent of a recording layer 25, and servo information can be written in all over servo layer 60, on the other hand, the amount of the servo information to write in increases sharply. however -- if the manufacture approach of the gestalt the 4th operation mentioned above is used -- bundling up -- servo information -- writing in -- although -- since it is possible -- large process compaction -- it can plan .

[0143] Hereafter, the example concerning the gestalt of the 4th operation which the artificer etc. performed is explained.

[0144] (Example 9) The same **** depths servo field for approaches as an example 7 was formed. That is, on the substrate, the spatter was used and about 20nm of CoPt(s) was formed. Besides the resist film of about 1-micrometer thickness was coated, and the opening pattern equivalent to the servo pattern of a wedge action die shown in the resist film at drawing 6 (a) was formed through one-shot exposure and a development process. Continuously, the sample front face was exposed for about 30 seconds into F radical with the room temperature. Then, the resist was removed using oxygen Usher.

[0145] Next, SiO₂ [500nm] was formed by the spatter at the servo layer top, and 50nm of CoPt(s) which serve as a recording layer by the spatter further was formed. In this way, the magnetic-recording medium which has depths servo structure was obtained.

[0146] [Gestalt of the 5th operation] The gestalt of the 5th operation is related with the magnetic recording medium (HDD) equipped with the magnetic-recording medium concerning the gestalt of the 1st - the 4th operation mentioned above.

[0147] Drawing 10 is the perspective view showing an example of the structure of HDD concerning the gestalt of the 5th operation. As shown in this drawing, the spindle 101 is equipped with the magnetic-recording medium 100, and it rotates by the motor which is not illustrated. The actuator arm 102 attached in the fixed shaft 103 equips that point with the suspension 104, and has the head slider 105 at the tip of this suspension 104.

[0148] The voice coil motor 106 which is one sort of a linear motor is formed in the end face of an actuator arm 102, and this voice coil motor 106 is equipped with the magnetic circuit which consists of a permanent magnet countered and arranged so that the drive coil which was able to be wound up in the bobbin section of an actuator arm 102, and which is not illustrated, and this coil may be put, and opposite York.

[0149] The record/reproducing head which is not illustrated are formed at the tip of the head slider 105, and the head slider 105 maintains fixed distance between the magnetic-recording media 100 by rotation of a disk, it rises to surface, and record/reproducing head moves relatively to the magnetic-recording medium 100. Information is recorded on the magnetic-recording medium 100 by the field emitted from a recording head in the case of record. Moreover, on the occasion of informational playback, information is reproduced by the leakage field from each bit on a magnetic-recording medium because the reproducing head scans a magnetic-recording medium top.

[0150] Drawing 11 is the perspective view showing the structure of another HDD of the gestalt of this operation. When the densification of the recording density of a magnetic-recording medium progresses, it becomes impossible to disregard the effect of axial blurring accompanying rotation of a record medium, although a magnetic-recording medium rotates and HDD shown in drawing 10 mentioned above performs record/playback by the surfacing mold magnetic head. On the other hand, in order not to use a rotation drive for HDD shown in drawing 11 , the problem of axial blurring does not produce it.

[0151] The magnetic-recording medium 202 is making the magnetic-recording medium carry out opposite arrangement of the head section 201 which prepared two or more magnetic heads while being laid on the stage 203 in which the drive to the XYZ direction is possible. The head section 201 is being fixed and the magnetic-recording medium 202 moves relatively to the head section 201 by the drive of a stage 203 using a piezo-electric element. Since a rotation drive is not performed, the configuration of a magnetic-recording medium does not need to be a disk, either, and a rectangle-like

thing etc. can be used as shown in this drawing.

[0152] The shape of a multi-array is equipped with two or more heads at the head section 201, and a high speed, and mass data logging/playback are attained by recording / reproducing two or more information at coincidence. In addition, there is especially no limitation in the number of heads.

[0153] It is not limited but, especially as for the record approach of the information on a magnetic-recording medium, the approach of writing in by the leakage field from a head or the approach of writing in by the field formed according to the current which flowed by charge impregnation by the needlelike probe may use any.

[0154] It is not limited especially about the playback approach of the information on a magnetic-recording medium, either. The approach of detecting the spin of the tunnel current of a record medium also by the approach of detecting the leakage field of a magnetic-recording medium etc. may be used.

[0155] When it has pattern DOMEDIA concerning the gestalt of the 1st or the 2nd operation, HDD mentioned above has a high SN ratio, and, moreover, can offer mass equipment with a cheap manufacturing cost. Moreover, when it has a magnetic-recording medium concerning the gestalt of the 3rd and operation of four, while being able to make a manufacturing cost cheap by compaction of the time amount accompanying the writing of servo information, especially when using the magnetic-recording medium of the depths servo system of the gestalt of the 4th operation, large-capacity-izing of storage capacity and highly precise point-to-point control can be offered.

[0156] [Gestalt of the 6th operation] The gestalt of the 6th operation explains patterning of the magnetic substance other than a magnetic-recording medium, especially patterning of MRAM (Magnetic Random Access Memory).

[0157] The patterning approach of the magnetic substance concerning the gestalt of the 1st - the 4th operation mentioned above is applicable to processing of the various magnetic-substance products which need patterning of the magnetic substance other than a magnetic-recording medium, for example, MRAM, a motor, a magnetic sensor, a magnetic switch, etc. Conventionally, by the manufacture approach of these magnetic-substance products, physical etching of ion milling etc. is mainly used for processing of a hard magnetic layer by each, and if the approach of non-magnetic-material-izing a unnecessary magnetic-substance field for this using a halogenation reaction is used, property aggravation of the magnetic layer by the physical damage can be prevented.

[0158] Especially the merit that applies the patterning approach of the magnetic substance concerning the gestalt of the 1st - the 4th operation to the manufacture approach of MRAM that integration and fertilization are called for is large. MRAM applies the technique of a magnetic tunnel junction to random access memory, and has the magnetic tunnel junction component structure which consists of two ferromagnetic layers and a thin insulating layer inserted between them. It has merits, like that it can be used as nonvolatile memory, or an access rate is quick to the conventional DRAM. In order to secure large-sized memory space, high integration is required and the production process is asked for simplification of micro processing and a process.

[0159] The patterning process of MRAM which starts the gestalt of the 6th operation at drawing 12 (a) - drawing 12 (c) is shown. In addition, although only the single memory device is illustrated here, with an actual product, the same memory device is arranged on the same substrate at a matrix.

[0160] First, as shown in drawing 12 (a), on the Si substrate 310 with which the thermal oxidation film was formed, laminating formation of a buffer layer 320, the lower layer ferromagnetic layer 330, the tunnel oxidizing zone 340, and the upper ferromagnetic layer 350 is carried out one by one, and resist 360 pattern is further formed on this laminating front face. In addition, between the Si substrate 310 and the lower layer ferromagnetic layer 320, two or more buffer layers and electrode layers may be formed. Moreover, the various ferromagnetic materials which contain one element of Fe, nickel, and Co in a presentation can be used so that the gestalt of the 1st operation may explain as the lower layer ferromagnetic layer 330 and an upper ferromagnetic layer 350.

[0161] It puts into the activity reactant gas which contains halogen gas, such as a fluorine radical, on the same conditions as the gestalt of the 1st operation of a surface layer. Then, oxygen ashing removes a residual resist. As shown in drawing 12 (b), it halogenates from the upper ferromagnetic layer 350, applying [which is not covered with the mask of a resist 360] it to the lower layer ferromagnetic layer 330, and it changes to the halogenide 370 which is the insulating layer of non-

ferromagnetism.

[0162] Furthermore, ** from which the MRAM structure shown in drawing 12 (c) will be acquired if the usual semi-conductor process is used and the pattern of the up electrode layer 370 is formed on a record section layer after this.

[0163] If the patterning approach concerning the gestalt of the 6th operation mentioned above is used, each memory device field of the upper ferromagnetic layer 350, the tunnel oxidizing zone 340, and the lower layer electrode layer 330 can be separated by the chemical approach, without being accompanied by the etching process.

[0164] When it is processed by physical etching using the conventional ion milling method Although a short circuit occurs by whenever [incident angle / of Ar ion] in many cases by the side attachment wall of the upper ferromagnetic layer 350 which forms junction under the effect of the reattachment object by milling, the tunnel oxidizing zone 340, and the lower layer electrode layer 330 If the patterning approach of the magnetic substance concerning the gestalt of the 6th operation mentioned above is used, there is not only no damage accompanying physical etching, but it can prevent generating of the short circuit in the ferromagnetic layers 330 and 350 of the upper and lower sides by the residue after etching etc.

[0165] Moreover, since a halogenation reaction is used, the resist in which oxygen ashing is possible can be used. furthermore -- as a resist -- a jib -- if self-organizing resists, such as a lock copolymer, are used, since it bundles up to a large area and a detailed pattern can be formed, high integration can be attained more easily.

[0166] In addition, a magnetic tunnel junction applicable to the magnetic head for playback etc. is also producible using the patterning approach of the same magnetic substance.

[0167] Hereafter, the example concerning the gestalt of the 6th operation which the artificer etc. performed is explained.

[0168] (Example 10) With reference to drawing 12 (a) - drawing 12 (c), patterning of the magnetic substance concerning an example 10 is explained again.

[0169] First, the NiFe film of about 20nm of thickness was formed as a buffer layer 320 on the Si substrate 310 with the thermal oxidation film by the spatter. The laminating of the Co film with a thickness of about 10nm which is a Co film of with a thickness of about 4nm which is the lower layer ferromagnetic layer 330, aluminum 2O3 with a thickness of about 1nm which is a tunnel oxidizing zone, and the upper ferromagnetic layer 350 was continuously carried out one by one on the buffer layer 320. Then, on the upper ferromagnetic layer 350 front face, the resist with a thickness of about 1 micrometer was applied with the spin coat, and the resist mask pattern with a square of 5.0x5.0 micrometers was formed through one-shot exposure and the process of development.

[0170] The substrate was put for about 3 minutes into generated F radical using ICP equipment. When the exposed region which was not covered with a resist mask was analyzed using AES, existence of CoF2 has been checked. As a result of measuring aging of the peak of CoF2, carrying out a spatter, existence of CoF2 has been checked by 15nm Fukashi from the front face. That is, it has checked having halide-ized all the joints (Co4 nm/aluminum2O3 1 nm/Co 10nm).

[0171] Continuously, the resist was removed by O2 ashing and Cu film of about 300nm of thickness was formed as an up electrode layer 8 after that. In addition, the metal mask was used for patterning.

[0172] In order to investigate whether there is any short circuit on a junction side face, the resistance before processing and after processing was measured. When the value which standardized each resistance in joint area was set to R0 and R1, it was $R1/R0=1$. From this result, it has checked that there had been no short circuit. Moreover, the produced samples were $R=1.7 \times 10^6$ ohms and $MR=10\%$.

[0173] Thus, produced MRAM showed resistance almost equal to MRAM processed by the usual ion milling, and MR ratio, and it was shown that the patterning approach of the magnetic substance which the gestalt of the 6th operation requires is effective also as the MRAM production approach.

[0174] As mentioned above, although a magnetic-recording medium, its manufacture approach, etc. of this invention were explained in accordance with the gestalt of each operation, this invention is not limited to the publication of the gestalt of these operations. It is clear to this contractor for various amelioration and permutations to be possible.

[0175]

[Effect of the Invention] Since the halogenation reaction is used according to the patterning approach of the magnetic substance of this invention so that it may mention above, there is no physical damage and a magnetic-substance workpiece with good magnetic properties can be produced in a simple process.

[0176] According to the 1st magnetic-recording medium of this invention, it is realizable by the production process which shortened sharply pattern DOMEDIA which has the good magnetic properties which are excellent in heat fluctuation resistance and are not influenced of the adjoining record bit compared with the former.

[0177] According to the 2nd magnetic-recording medium of this invention, since servo information on a servo field can be written in at a package process, the time amount which the writing of servo information takes can be shortened sharply.

[0178] According to the magnetic random access memory of this invention, a reliable memory device is producible for high productivity.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing pattern DOMEDIA concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 2] It is process drawing showing the manufacture approach of pattern DOMEDIA concerning the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 3] It is VSM data of the ferromagnetic layer concerning the example 1 of the gestalt of operation of the 1st of this invention, and a non-ferromagnetic layer.

[Drawing 4] It is the photograph of drawing showing the pattern of the resist mask concerning the example 2 of the gestalt of operation of the 1st of this invention, and the MFM data of pattern DOMEDIA which actually boiled.

[Drawing 5] It is the sectional view showing the structure of pattern DOMEDIA using the artificial grid film concerning the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 6] It is the top view showing the example of a pattern of servo information.

[Drawing 7] It is the top view showing the example of a pattern of the magnetic-recording medium front face of a continuation servo system.

[Drawing 8] It is the sectional view showing the structure of a magnetic-recording medium of having the depths servo structure concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[Drawing 9] It is process drawing showing the manufacture approach of a magnetic-recording medium of having the depths servo structure concerning the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[Drawing 10] It is the perspective view of the equipment in which the structure of the hard disk drive concerning the gestalt of operation of the 5th of this invention is shown.

[Drawing 11] It is the perspective view of the equipment in which the structure of another hard disk drive concerning the gestalt of operation of the 5th of this invention is shown.

[Drawing 12] It is process drawing showing the manufacture approach of MRAM concerning the gestalt of operation of the 6th of this invention.

[Drawing 13] It is process drawing showing the production approach of conventional pattern DOMEDIA.

[Description of Notations]

10 15 Substrate

20 Ferromagnetic Layer

25 Magnetic Layer

21 Artificial Grid Film

30 32 Resist

40 Non-Ferromagnetic Field

60 Depths Servo Field

65 Servo Pattern

70 Non-magnetic-Material Layer

81 Servo Pattern

82 Recording Track

[Translation done.]

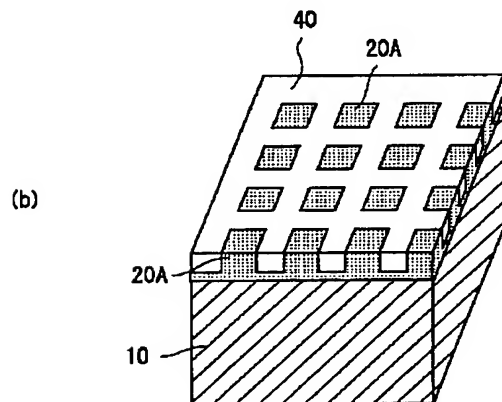
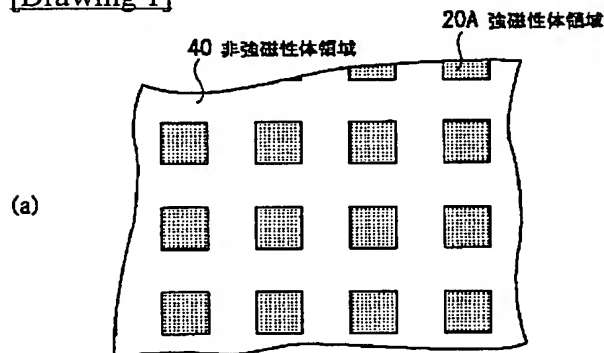
* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

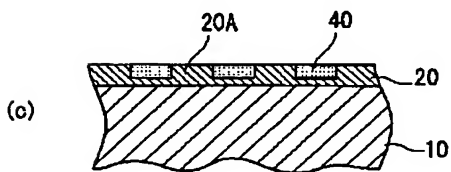
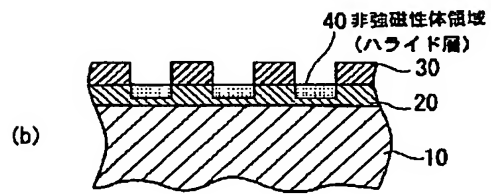
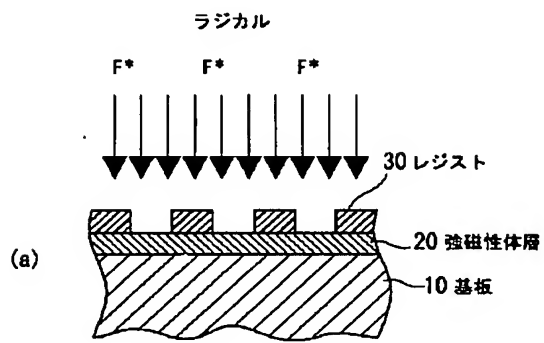
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

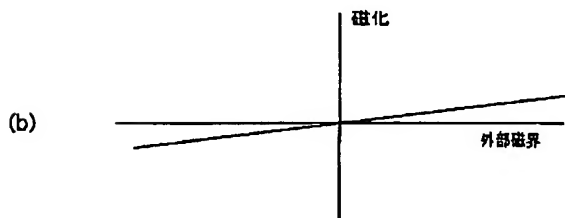
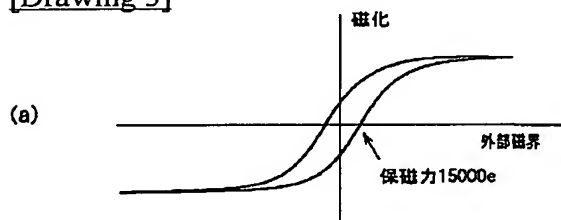
[Drawing 1]



[Drawing 2]

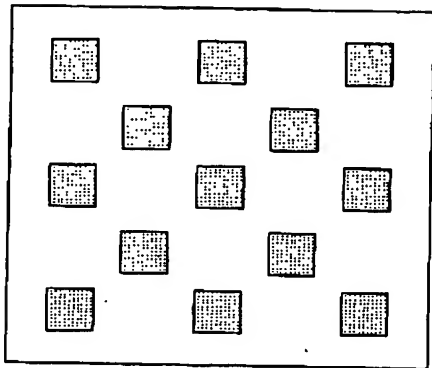


[Drawing 3]

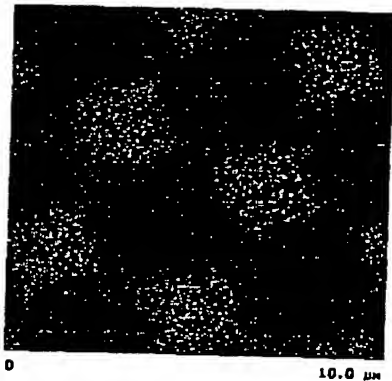


[Drawing 4]

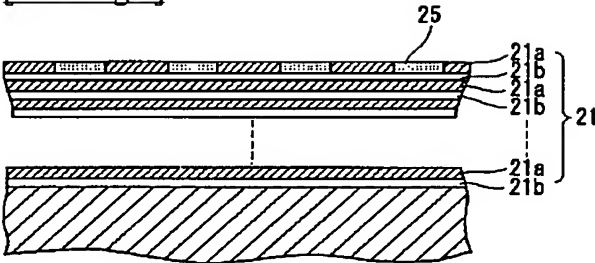
(a)



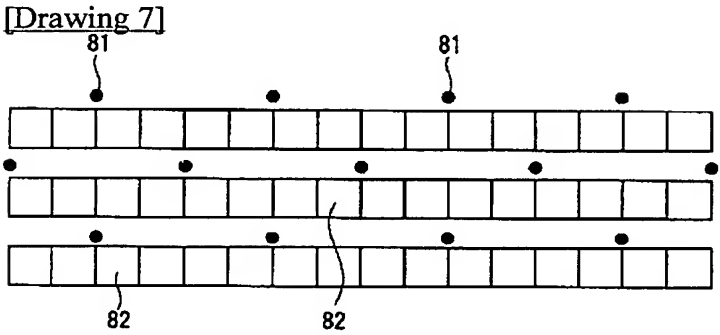
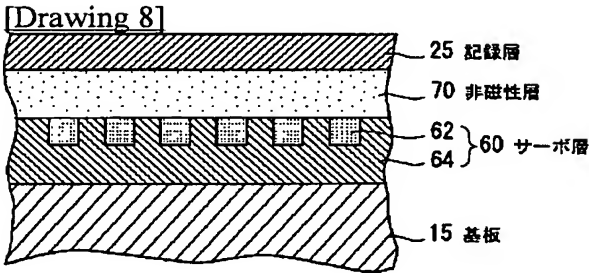
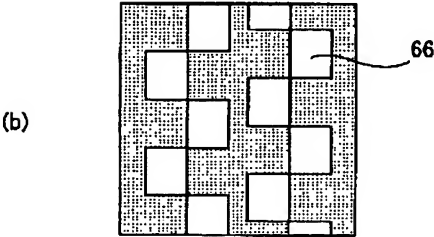
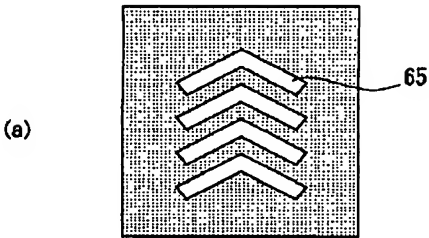
(b)



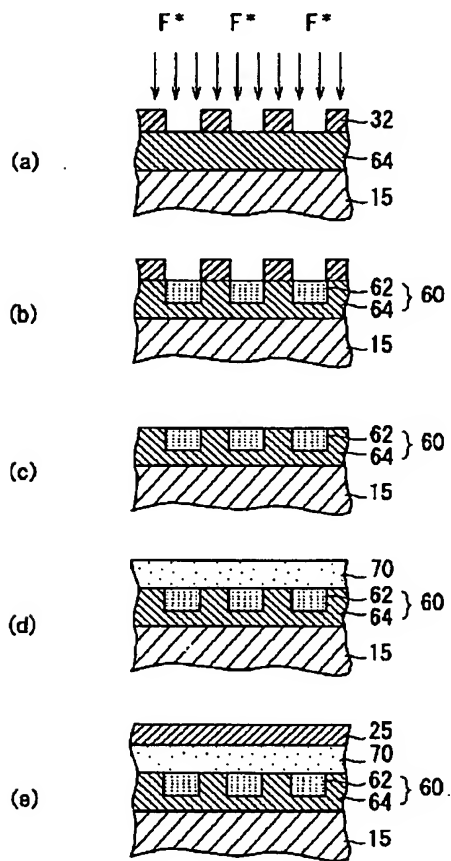
[Drawing 5]



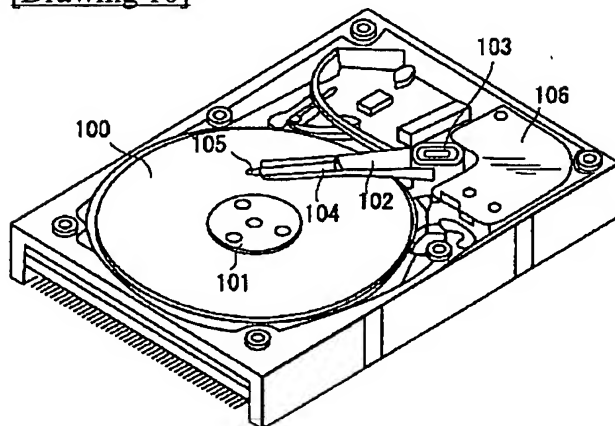
[Drawing 6]



[Drawing 9]

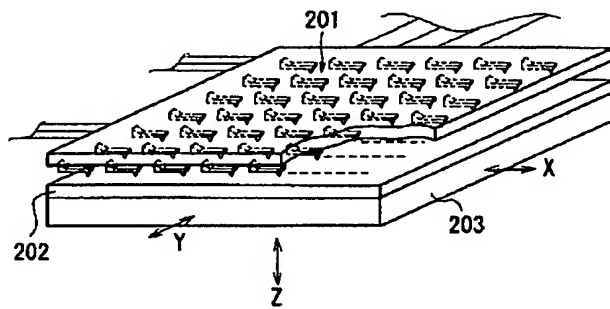


[Drawing 10]

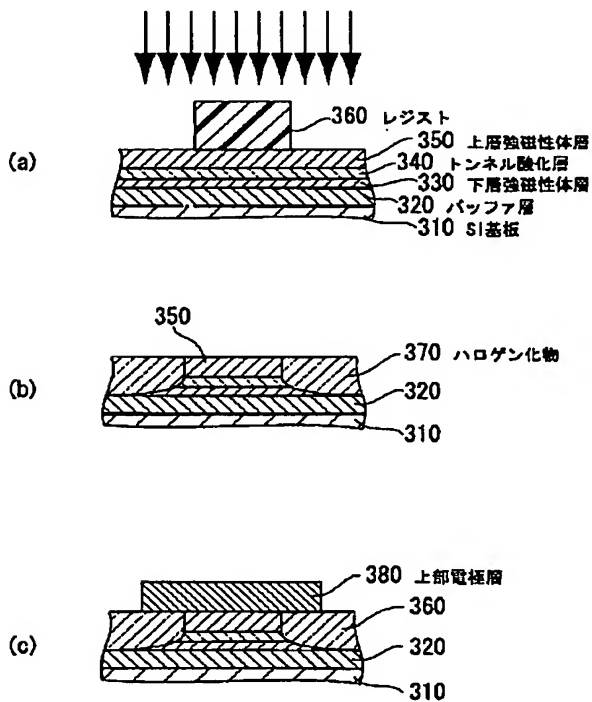


- 100 : 磁気記録媒体
 101 : スピンドル
 102 : アクチュエーターアーム
 103 : 固定軸
 104 : サスペンション
 105 : ヘッドスライダ
 106 : ボイスコイルモーター

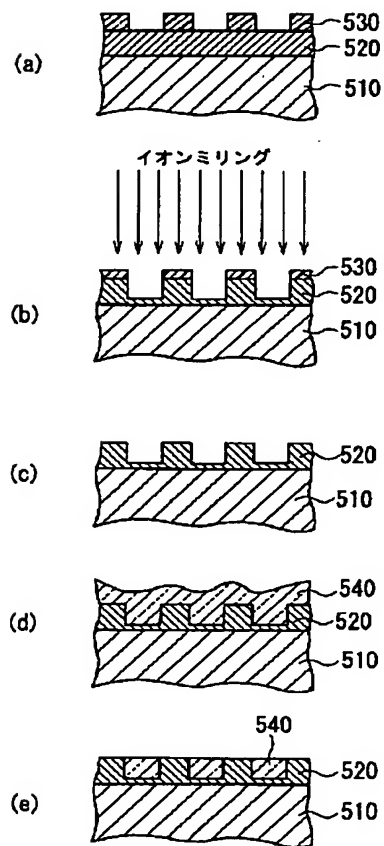
[Drawing 11]



[Drawing 12]

フッ素ラジカル
F*

[Drawing 13]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-359138
(P2002-359138A)

(43) 公開日 平成14年12月13日 (2002. 12. 13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマート*(参考)
H 0 1 F 41/34		H 0 1 F 41/34	5 D 0 0 6
G 1 1 B 5/64		G 1 1 B 5/64	5 D 1 1 2
5/65		5/65	5 E 0 4 9
5/82		5/82	5 F 0 8 3
5/84		5/84	Z
審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 18 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-399848(P2001-399848)

(22) 出願日 平成13年12月28日 (2001. 12. 28)

(31) 優先権主張番号 特願2001-102215(P2001-102215)

(32) 優先日 平成13年3月30日 (2001. 3. 30)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 鎌田 芳幸

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 内藤 勝之

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外7名)

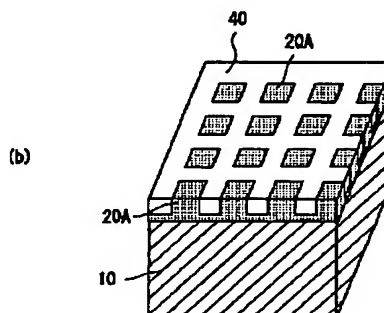
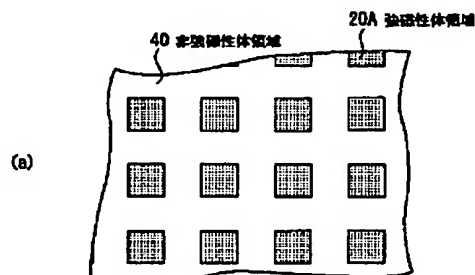
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁性体のパターニング方法、磁気記録媒体、磁気ランダムアクセスメモリ

(57) 【要約】

【課題】 強磁性体のパターニングを、簡易化された製造方法で提供する。

【解決手段】 基板上に Fe, Co, Ni のいずれかの元素を含む強磁性体層を形成し、強磁性体層表面を選択的にマスクし、露出部をハロゲンを含む反応ガスに曝し、化学反応により該露出部およびその下層を、化学的に磁性を変質させ、非強磁性体領域とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む強磁性体層を形成する工程と、前記強磁性体層表面を選択的にマスクする工程と、前記強磁性体層表面の露出部をハロゲンを含む活性な反応ガス若しくは反応液に曝し、化学反応により前記露出部およびその下層を、前記反応ガス若しくは前記反応液中の成分との化合物に変質させ、非強磁性化する反応工程とを有することを特徴とする磁性体のパターンニング方法。

【請求項2】 前記ハロゲンは、フッ素であることを特徴とする請求項1に記載の磁性体のパターンニング方法。

【請求項3】 前記化合物は、フッ化コバルトであることを特徴とする請求項1または2に記載の磁性体のパターンニング方法。

【請求項4】 前記非強磁性化する工程は、前記ハロゲンを含む活性な反応ガスをプラズマ発生手段を用いて作製することを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の磁性体のパターンニング方法。

【請求項5】 前記マスクする工程は、前記強磁性体層表面にブロックコポリマー層を形成し、前記ブロックコポリマーの自己組織化現象により前記露出部に対応する複数の島状組織領域および前記島状組織領域を互いに分離する分離領域とを形成する工程と、前記島状領域を除去する工程とを有することを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の磁性体のパターンニング方法。

【請求項6】 前記反応工程後に、前記分離領域を除去し、前記島状領域に対応する磁気記録領域および前記分離領域に対応する非強磁性領域とを形成することを特徴とする請求項5記載の磁性体のパターンニング方法。

【請求項7】 前記磁気記録領域に、磁気ヘッドとの相対位置及び相対速度の少くとも一方を制御するためのサーボ情報を書き込むことを特徴とする請求項6に記載の磁性体のパターンニング方法。

【請求項8】 Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む強磁性体からなる複数の記録領域と、前記記録領域をそれぞれ互いに分離する非強磁性体領域とを有する磁気記録媒体において、前記非強磁性体領域は、前記強磁性体とハロゲンとの化合物であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項9】 前記ハロゲンが、フッ素であることを特徴とする請求項8に記載の磁気記録媒体。

【請求項10】 前記化合物層が、フッ化コバルトであることを特徴とする請求項9に記載の磁気記録媒体。

【請求項11】 Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む強磁性体からなる複数の記録領域と、前記記録領域をそれぞれ互いに分離する非強磁性

体領域とを有するサーボ層を具備する磁気記録媒体において、

前記非強磁性体領域は、前記強磁性体とハロゲンとの化合物であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項12】 前記サーボ層上に形成された非磁性体層と、

前記非磁性体層上に形成された記録層とを有することを特徴とする請求項11記載の磁気記録媒体。

【請求項13】 基板表面に形成された下部電極層と、前記下部電極上に、Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む第1強磁性体で形成された第1強磁性体層と、

前記第1強磁性体層上に形成されたトンネル絶縁層と、前記トンネル絶縁層上に、Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む第2強磁性体で形成された第2強磁性体層と、

前記第1強磁性体層、前記トンネル絶縁層および前記第2強磁性体層の周囲を囲む絶縁層とを有し、

前記絶縁体層は、前記第1強磁性体およびハロゲンの化合物層と、前記第2強磁性体層および前記ハロゲンの化合物層とを具備することを特徴とする磁気ランダムアクセスメモリ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高密度磁気記録技術に関し、磁性体のパターンニング方法およびこの方法を用いて作製されたパターンドメディア等の磁気記録媒体やその他の磁性体製品、およびこの磁気記録媒体を備えた磁気記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ハードディスクドライブ（以下、HDDという。）の記録容量の増大に伴う磁気記録媒体の面記録密度の向上により、磁気記録媒体上の各記録ビットサイズは数10nm程度の極めて微細なものになってきている。このような微細な記録ビットから再生出力を得るには、各ビットに可能な限り大きい飽和磁化と膜厚の確保が必要となる。しかし、記録ビットの微細化は、1ビットあたりの磁化量を小さくし、「熱揺らぎ」による磁化反転で、磁化情報の消失という問題を生じている。

【0003】一般に、この「熱揺らぎ」は、 $K_u \cdot V / kT$ （ここで、 K_u は異方性定数、 V は磁化最小単位体積、 k はボルツマン定数、 T は絶対温度である）の値が小さい程影響が大きくなり、経験的には、 $K_u \cdot V / kT < 100$ で「熱揺らぎ」による磁化の反転が生じると言われている。

【0004】長手磁気記録方式の磁気記録媒体では、記録密度の高い領域の記録ビット内の減磁界が強くなるため、磁性粒子径が比較的大きいうちから「熱揺らぎ」の影響を受けやすい。これに対し、垂直磁気記録方式の磁

気記録媒体では、膜厚方向に磁性粒子を成長させることで、媒体表面の粒径は小さいまま磁化最小単位体積Vを大きくできるため、「熱揺らぎ」の影響を抑制できる。しかし、今後HDDの高密度化がさらに進めば、たとえ垂直磁気記録方式であっても熱揺らぎ耐性に限界がでてくる。

【0005】この熱揺らぎ耐性の問題を解決する方法として、「パターンドメディア」と呼ばれる磁気記録媒体が注目されている。パターンドメディアとは、一般には、非磁性体層中に記録ビット単位となる磁性体領域を複数、それぞれ独立に形成した磁気記録媒体をいう。一般のパターンドメディアでは、非磁性体層として、例えばSiO₂、Al₂O₃、TiO₂などの酸化物やSi₃N₄、AlN、TiNなどの窒化物、TiCなどの炭化物、BN等の硼化合物が用いられ、これらの非磁性体層中に選択的に強磁性体領域が形成されている。

【0006】パターンドメディアは、記録ビット単位である強磁性体領域が独立しているので、各々の記録ビット間の干渉を防止することができ、隣接ビットによる記録の消失や雑音の低減に効果がある。また、パターンニングにより、磁壁移動抵抗が増大し（磁壁のピンニング効果）、磁気特性の向上を狙うことができる。

【0007】一方、HDDでは、磁気記録媒体上に予め記録されたサーボ情報により、磁気ヘッドを磁気記録媒体上の目標位置（目標トラック）に位置決めあるいは移動速度の制御を行っている。一般に、このサーボ情報は、磁気記録媒体上の円周方向に所定の間隔で半径方向に設けられたサーボ領域（サーボセクタ）に記録されている。

【0008】通常、サーボ情報の書き込みは、ドライブ本体の筐体の内部に磁気記録媒体と磁気ヘッドとを組み込んだ後に、サーボライタと称するサーボ書き込み装置を用いて行われる。しかしながら、HDDの高記録密度化が進むと、それに比例してサーボ情報が増大するため、結果として磁気記録媒体上のサーボ領域の面積が増え、有効な記録領域（データ領域）の面積を狭めるといふ矛盾を抱えている。

【0009】これに対し、最近ではサーボ領域を磁気記録層とは別の深い層に埋め込んだ「深層サーボ方式」の磁気記録媒体構造が検討されている。この構造では、記録領域とサーボ領域とを上下に重ねて形成できるため、磁気記録媒体全面を記録領域として用いることができる。従って、記録領域を犠牲にせず、しかも磁気ヘッドをディスク上の任意の点で高精度にトラッキングさせることができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述するパターンドメディアを製造するためには、大面積に微細な磁性体のパターンを形成する必要があるが、一方、新たな不揮発性

メモリ素子として、最近注目を集めているMRAM (Magnetic Random Access Memory) も、その製造には同様に集積度の高い磁性体のパターンニングが必要とされている。

【0011】従来、これらの磁性体のパターンニングでは、主に次の4つのプロセスが使用されている。まず、加工しようとする磁性体薄膜の形成プロセス、次に、磁性体薄膜上にレジスト膜を形成し、光、電子線、イオン線等を用いてレジスト膜にパターンを形成するリソグラフィプロセス、さらに、レジストパターンをマスクとし、磁性体薄膜をエッチングするプロセス、そして、残ったレジストやエッチングによる残留物を除去するプロセスである。このうち、薄膜形成プロセス、フォトリソグラフィプロセスおよび残留物除去プロセスは、半導体技術を流用することが可能であるが、磁性体は一般的な半導体材料と異なりエッチングが困難な材料であるので、半導体プロセスで用いられる通常のRIE (Reactive Ion Etching) を用いることは困難であり、かわりに、電界加速されたイオンが試料表面をスパッタすることによるイオンミリング等の物理的なエッチング方法が使用されている。

【0012】図13(a)から図13(e)に、イオンビームミリングを用いた従来のパターンドメディアの製造方法を示す。すなわち、まず、図13(a)に示すように、Si等の基板510上にスパッタ法等を用いてFe, Co, Ni等を含む強磁性体層520を形成する。次に、この強磁性体層520上に、所望のパターンに相当するレジストパターン530を電子ビーム描画で形成する。さらに、図13(b)に示すように、このレジストパターン530をマスクとして、イオンビームミリングを行い、露出部の強磁性体層520をエッチングする。この後、図13(c)に示すように、残ったレジスト膜を除去し、図13(d)に示すように、イオンミリングによって形成された溝を埋めるように非磁性体膜540を被覆し、最後に基板表面をCMP (Chemical Mechanical Polishing) を行うことで、図13(e)に示すパターンドメディアを得ている。

【0013】しかしながら、上述する従来の製造方法では、イオンビームミリングを用いて強磁性体層520を加工しているので、その加工表面の結晶にはダメージが残る。よって、さらなる磁気特性の向上のためにはダメージのない加工が望まれている。

【0014】また、イオンビームミリングによるエッチングは物理的なものなので、エッチング対象となる物質の違いによるエッチングレートの違いはほとんど生じない。強磁性体層520とレジストパターン530とがほぼ同じ速度で削られるため、加工できる形状のアスペクト比は、マスクであるレジストパターン530の厚みに依存する。仮にレジストの凹凸段差が20nm程度であれば、エッチングされる強磁性体は20nmの深さが限

界となる。従って、アスペクト比の良い加工を行うためには、厚みの薄いレジストを使用することはできない。

【0015】また、高記録密度のHDDにおいては、磁気記録媒体と磁気ヘッドとのスペーシングを低減するため、磁気記録媒体の表面は平滑でなければならない。よって、図13(e)に示すように、エッチングされた強磁性体の凹部に非磁性体層540を埋め込んだ後、基板表面をCMP工程で平滑化する必要がある。このCMP工程は、パターンドメディアを形成する上でプロセス上の負担になっている。

【0016】一方、最近、パターンドメディアの一種である、ディスクリットトラック方式の媒体(IEEE Transactions on Magnetics Vol. 25, No. 5, pp3381-3383, 1989)が提案されている。これは、トラック間領域の磁性層をイオンミリング等でエッチングすることで、トラック領域のみに磁性層を形成したメディアであるが、媒体表面に磁性層の有無に起因する20~50nmの段差が存在し、この凹凸がシーク耐久性を著しく低下させるという問題を引き起こすことが指摘されている。

【0017】この媒体表面の凹凸の問題を解決するため、トラック間領域となるべき磁性層に、窒素イオンや酸素イオンを、イオン注入し、非磁性化させたディスクリット方式のメディアが提案されている(特開平5-205257号公報)。

【0018】また、平滑な表面を持つパターンドメディアを形成する方法として、マスクした媒体表面を選択的に酸化することでパターンドメディアを形成する方法が提案されている(米国特許番号6,168,845)。

【0019】これらの酸素イオンを注入する方法あるいは、部分的に表面を酸化させる方法は、エッチング工程を使用しないので、イオンミリングによる表面の凹凸の問題は発生しない。しかしながら、これらの方法は、いずれも非磁性体化させた酸化領域の体積が増大し、酸化領域の媒体表面が盛り上がるため、完全に媒体表面の凹凸をなくすことはできない。

【0020】さらに、酸化反応を用いる場合は、酸化耐性が高いマスク材を用いることが望ましいので、これらのマスク材の除去にO₂アッシング工程等の通常のレジスト剥離工程を使用することができないため、プロセスの負担が大きい。

【0021】また、MRAMの製造に関しても、基板上に下層強磁性体層、トンネル酸化膜層および上層強磁性体層等の必要な膜を形成した後、各メモリ素子領域を画定する際に、イオンミリングを用いて物理的にこれらの層をエッチングするが、エッチングダメージやエッチング残渣により上下の強磁性体層間に短絡が生じることがある。従って、これらの問題のない、歩留まりが高く、しかも生産性の良い磁性体パターンニング方法の使用が望まれている。

【0022】一方、磁気記録媒体に形成されるサーボ領

域の書き込みに関しても次のような課題が存在している。まず、通常のサンプルサーボ(セクタサーボ)方式を用いる場合は、従来のサーボライタを使用してサーボ情報を書き込む工程を必要とするが、ヘッドを移動制御して、磁気記録媒体上に設定される全トラックの各サーボ領域にサーボ情報を順次記録するため、製造工程の中でも長時間を要する工程の一つとなっている。今後、記録密度が向上すると、サーボ情報量も多く必要になり、サーボライタによるサーボ情報の書き込み時間にさらに長時間を要するようになる。従って、高記録密度HDD装置を安価に量産するためには、サーボ情報の書き込み工程に要する時間を短縮化することが望まれている。

【0023】また、深層サーボ方式を用いた磁気記録媒体の場合においても、磁気記録媒体の形成以外に深層サーボ領域の形成を行う工程が必要であるとともに、深層サーボ方式の場合は、特に、全面にサーボ情報の書き込みを行うので、書き込みに要する時間的負担が極めて大きく、その短縮化に対する要請は上述するサンプルサーボ方式以上に大きい。

【0024】従って、サーボ情報の書き込みについても、従来のサーボライタを使用した方法に代えて、生産性の高い、磁気記録媒体へのサーボ情報の一括書き込みが可能な磁性体のパターンニング方法の採用が望まれている。

【0025】本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、本発明の第1の目的は、種々の磁性体製品の製造に応用できる物理的ダメージがなく、生産性の高い磁性体パターンニング方法を提供するものである。

【0026】本発明の第2の目的は、上記磁性体パターンニング方法で形成したパターンドメディアを有する磁気記録媒体を提供することである。

【0027】本発明の第3の目的は、上記磁性体パターンニング方法でサーボ情報の書き込みを行った磁気記録媒体を提供することである。

【0028】本発明の第4の目的は、上記磁性体パターンニング方法を用いて作製されたMRAMを提供することである。

【0029】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の磁性体パターン方法は、Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む強磁性体層を形成する工程と、この強磁性体層表面を選択的にマスクする工程と、強磁性体層表面の露出部を、ハロゲンを含む活性な反応ガス若しくは反応液に曝し、化学反応により前記露出部およびその下層を、該反応ガス若しくは反応液中の成分との化合物に変質させ、非強磁性化する反応工程とを有することを特徴とする。

【0030】なお、ここで、「非強磁性体化」とは、少なくとも強磁性体としての磁性を消失させることをいい、非磁性体、あるいは常磁性体の性質にかえることを

いう。

【0031】上記本発明の磁性体のパターンニング方法の特徴によれば、ハロゲンと強磁性体層との化学的な反応により、選択的に非強磁性体層が形成されるので、強磁性体層と非強磁性体層からなる磁性パターンが形成できる。化学的反応を使用しているため、物理的なダメージがなく、しかも一括工程で広い領域をパターンニングすることができる。また、ハロゲン化された非磁性体領域は、酸化のような体積膨張がないため、平滑化工程なしで、極めて良好な平滑表面を得ることができる。さらに、ハロゲン化反応を使用しているため、一般的なレジストが利用でき、レジスト除去に酸素アッシングを使用することも可能である。この磁性体パターンニングを用いて、パターンドメディアや、磁気記録媒体へのサーボ情報の一括書き込み、さらにはMRAM等の磁気記録素子等、種々の磁性体製品の製造が可能になる。

【0032】本発明の第1の磁気記録媒体は、Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む強磁性体からなる複数の記録領域と、その記録領域をそれぞれ互いに分離する非強磁性体領域とを有する磁気記録媒体において、上記非強磁性体領域は、上記強磁性体とハロゲンとの化合物であることを特徴とする。

【0033】上記本発明の第1の磁気記録媒体の特徴によれば、強磁性体からなる記録領域とこの強磁性体のハロゲン化合物からなる非強磁性体領域とでパターンドメディアを提供できる。この非磁性体領域は化学的方法で形成されるので、記録領域がダメージをほとんど受けない。このため、製造条件による磁気特性の劣化が少なく、良好な磁気特性を得ることができる。また、ハロゲン化合物である非磁性体領域と強磁性体からなる記録領域との表面にほとんど凹凸がなく、基板平坦性が良好な磁気記録媒体を提供することができる。

【0034】本発明の第2の磁気記録媒体は、Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む強磁性体からなる複数の記録領域と、この記録領域をそれぞれ互いに分離する非強磁性体領域とを有するサーボ層を具備する磁気記録媒体において、上記非強磁性体領域は、上記強磁性体とハロゲンとの化合物であることを特徴とする。

【0035】上記本発明の磁気記録媒体の第2の特徴によれば、磁気記録媒体のサーボ層中に書き込むサーボ情報が、化学的反応により形成できるハロゲン化合物層の有無のパターンによって書き込まれているため、一括して大面積にサーボ情報の書き込みが可能で磁性体パターンニング方法を採用することができる。しかも、ハロゲン化合物層の有無でサーボ情報が書き込まれた場合には、ハロゲン化合物層での体積膨張が極めて小さいので、基板表面の平滑性に優れた磁気記録媒体を提供できる。

【0036】本発明の磁気ランダムアクセスメモリは、基板表面に形成された下部電極層と、前記下部電極上

に、Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む第1強磁性体で形成された第1強磁性体層と、第1強磁性体層上に形成されたトンネル絶縁層と、トンネル絶縁層上に、Fe、Co及びNiから選ばれる少なくとも一種の元素を含む第2強磁性体で形成された第2強磁性体層と、第1強磁性体層、トンネル絶縁層および第2強磁性体層の周囲を囲む絶縁層とを有し、上記絶縁層は、第1強磁性体およびハロゲンの化合物層と、第2強磁性体層およびハロゲンの化合物層とを具備することを特徴とする。

【0037】上記本発明の磁気ランダムアクセスメモリによれば、第1強磁性体層、トンネル絶縁層および第2強磁性体層の側面周囲を囲む絶縁層がハロゲン化合物層で形成されているので、エッチングを伴わないハロゲン化反応を用いた磁性体パターンニング方法を採用して、素子形成を行うことができる。従って、エッチングに伴うリークがなく、大面積一括工程で集積度の高いMRAMを提供できる。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明の実施の形態について説明する。

【0039】〔第1の実施の形態〕図1(a)は、本実施の形態の磁気記録媒体の構造を示す部分平面図であり、図1(b)は、その斜視図である。

【0040】本発明の第1の実施の形態に係る磁気記録媒体は、いわゆるパターンドメディアであって、図1(a)、図1(b)に示すように、基板10の上層に記録層を有し、この記録層の少なくとも上層に、散在する露出部を持つ、Fe、Co、Niのいずれかを含む強磁性体領域20Aと、この強磁性体領域20Aの少なくとも上層部周囲を囲む、非強磁性体領域40とを有し、実質的な各記録領域は、非強磁性体領域40によって、それぞれ互いに分離されている。なお、ここで、非強磁性体領域とは、少なくとも強磁性体としての磁性を消失した領域であって、非磁性体、反磁性体あるいは常磁性体の性質を示す領域をいう。

【0041】この非強磁性体領域40は、強磁性体領域20Aと同じ成分の層を活性な反応ガスと化学的に反応させて非強磁性化させたものであり、その組成には強磁性体領域20Aと共通する組成、すなわちFe、Co、Niのいずれかを含んでいる。

【0042】このような第1の実施の形態の磁気記録媒体によれば、従来のパターンドメディア作製工程で必要とされたイオンミリング等のエッチング工程が不要であるとともにCMP工程も省略できるため、大幅な工程の簡略化が可能となる。さらに、イオンミリング等の工程に伴うダメージもなくすることができるので、磁気特性の向上を図ることができる。

【0043】以下、より具体的に本実施の形態の磁気記録媒体の構造とその製造方法について説明する。

【0044】図1(a)に示すように、磁気記録媒体の表面において、強磁性体領域20Aは、一定間隔に規則的に配置されており、その周囲に非強磁性体領域40が形成されている。各強磁性体領域20Aが記録単位である1記録ビットを構成する。各強磁性体領域20Aは、それぞれ完全に独立した領域にすることが望ましいが、図1(b)に示すように、少なくとも強磁性体領域20Aの上層部が非強磁性体領域40により周囲を囲まれていけばよい。これにより、各記録領域は実質的に分離される。各磁性体領域20Aはそれぞれ磁化方向が一方向に揃った単磁区状態となるように100nm角以下望ましくは80nm以下とする。なお、各強磁性体領域20Aの形状は矩形に限られず、種々の形状にできる。例えば円形や楕円形等としてもよい。

【0045】強磁性体領域20Aへの記録方式は、長手記録方式、垂直記録方式のどちらでもよいが、高記録密度を実現するには垂直記録方式を採用することが望ましい。

【0046】強磁性体領域20Aは、強磁性体材料であるFe、Ni、Coのいずれかの元素を組成に含んでおり、例えばNi-Fe系、或いはFe-Al-Si系の結晶材料、Co-Zr-Nb系のCo基のアモルファス材料、Fe-Ta-N系のFe系微結晶材料、Fe、Co、Fe-Co、Co-Cr、Baフェライト等からなる。このうち、垂直磁気異方性の大きなCoPt、CoCrPt、FeCo、FePd、FePt等の合金系、あるいはCo/Pd、Co/Pt人工格子等の材料で形成することが好ましい。

【0047】また、非強磁性体領域40は、上述する強磁性体領域20Aと同一組成の層をハロゲン化させたものとする。例えばハロゲン化させたものとしてはCoF₂、CoF₃、FeF₂、FeF₃、NiF₂を挙げることができる。これらはすべて反磁性材料であるが、CoF₃とFeF₃を除いては磁気相転移温度(T_m)が低いため室温においては常磁性を示す。

【0048】図2(a)から図2(c)は、本実施の形態に係る磁気記録媒体の製造方法を示す工程図である。

【0049】まず、図2(a)を参照するように、Si基板等の基板10上にスパッタ等の方法により、例えば膜厚約10nm～50nmの強磁性体層20を形成する。この強磁性体層20が形成された基板10上に、レジスト30をスピンコート等によりコーティングする。レジスト30の膜厚は特に限定はない。強磁性体層20の表面をピンホールなく覆うことのできる厚みであればよい。EB描画等を用いてレジスト30を選択的に露光し、現像工程を経て、図1(a)の平面パターンに相当するレジストパターンを形成する。即ち、強磁性体領域として残す部分の表面をレジスト30で被覆し、それ以外の部分を露出させる。その後、レジストのパターニングを終えたものをハロゲンを含む活性な反応ガス中に曝す。

【0050】ハロゲンを含む反応ガスとしては、例えば、CF₄、CHF₃、CH₂F₂、C₂F₆、C₄F₈、SF₆、Cl₂、CCl₂F₂、CF₃I、C₂F₄等のガスを使用できる。

【0051】なお、活性な反応ガスの形態としては活性なラジカルとするのが望ましい。ラジカルの発生方法には種々の方法があるが、例えば、既存のプラズマCVD装置やドライエッチング装置を利用することができる。これらの装置のチャンバー内に反応ガスを導入し、高周波電圧をかけて、プラズマを発生させると、反応ガスに電界加速された電子が衝突し、反応ガスを分離して化学的に極めて活性なラジカルを生成できる。基板温度は常温で良いが、より反応速度を高めるために強磁性体領域の磁性に影響を与えない範囲で加熱してもよい。

【0052】プラズマ発生装置として好適な例としては、例えば誘導結合プラズマ(ICP: Inductive Coupled Plasma)装置が挙げられる。ICP装置には、主にプラズマ発生機能を持つCoil RFと別にプラズマを基板側に誘導する機能を持つPlaten RFが備えられており、これらは別々に出力設定が可能である。例えばCoil RFを300W、Platen RFを0Wに設定することで、ラジカル反応に適した高密度プラズマを生成するとともに、媒体表面にダメージを与えないため、スパッタの効果を最小限に抑えることが可能となる。なお、媒体表面のスパッタを防止するためには、反応装置内の圧力を、やや高め、例えば10～30mtorr、より好ましくは約20mtorrにする。また、反応ガスとしてCF₄を使用する場合は、ガス流量を10～50sccm、好ましくは約20sccmとする。

【0053】例えば、図2(a)に示すように、CF₄ガスから生成した活性なFラジカルにレジスト30に被覆されていない強磁性体層20を曝した場合は、露出している強磁性体層20表面はFラジカルにより次第に深さ方向にハロゲン化されていく。

【0054】こうして、図2(b)に示すように、ハロゲン化された領域はハライド層となり、磁性を消失して非強磁性体領域40となる。一方、レジスト30により表面が被覆されている領域は、強磁性体領域20Aとなる。なお、非強磁性体領域40の深さは、強磁性体層20とほぼ同じ深さとすることが好ましいが、必ずしも同じ深さでなく、例えば強磁性体層20の厚みに対し、1/2以上より好ましくは2/3以上の深さとする。

【0055】なお、必ずしもドライプロセスである必要は無く、ウェットプロセスでも同様の結果が得られる。例えばHCl溶液を用いてCoCl₃等にハロゲン化させてもよい。

【0056】最後に、残ったレジスト30を剥離除去すれば、図2(c)および図1(a)、図1(b)に示すパターンドメディアを得ることができる。なお、レジストの剥離除去には、酸素プラズマをもちいたアッシング

を用いることができる。

【0057】上述した第1の実施の形態に係る製造方法によれば、強磁性体層20の記録領域をハロゲン化金属である非強磁性体領域40で囲んだパターンドメディアを得ることができる。例えば、ハロゲン化反応によって生成した非強磁性体領域40である CoF_2 、 NiF_2 の磁気相転移温度(T_n)は、それぞれ38K、73Kと、極めて低い。従って室温では確実に常磁性を示すため、隣接記録ビット間の磁氣的相互作用がなく、隣接磁気記録が孤立するため、パターンドメディアに適している。

【0058】これに対し、すでに説明した特開平5-205157号公報や米国特許番号6,169,845に開示されたディスクリットメディアやパターンドメディアの非磁性体領域である、酸化反応によって得られた CoO や NiO の T_n は、それぞれ $T_n=291\text{K}$ 、 548K である。よって、酸化反応によって生成した酸化金属は室温で反強磁性を示す。反強磁性体に強磁性体が埋め込まれた媒体では、強磁性体層が磁氣的に完全に孤立した状態にはならず、隣接記録ビットの磁気記録に悪影響を及ぼす可能性がある。例えば、同一信号を隣接ビットに記録した際、磁化反転により記憶が消滅する可能性が大きい。

【0059】従って、第1の実施の形態に係るハロゲン化反応により得られた非磁性体領域を有するパターンドメディアは、酸化反応により得られた非磁性体領域を有するパターンドメディアに比べて、より良好な磁気特性を得ることができる。

【0060】また、一般的にハライド、特にフッ化物は、 CaF_2 （ホタル石）に代表されるように、イオン結晶性が強い、配向性が良好な結晶を得やすい。水に難溶であり、化学的に安定である。同じ金属のフッ化物と酸化物を比べた場合、総じてフッ化物の結合解離エネルギー(D)のほうが大きい。例えば MgF_2 のDは 511.7kJ/mol であり、 MgO のDは 336.8kJ/mol である。従って、フッ化物は酸化物より高い安定性が期待できる。

【0061】さらに、フッ化物の良好な配向性は、隣接する強磁性体領域20Aの粒子径を揃え、より強磁性体領域の磁気特性を改善する効果も期待できる。

【0062】加えて、酸化物である CoO はc軸の格子定数が4.124の正方晶であるのに対し、フッ化物 CoF_2 のc軸の格子定数は3.180と小さいため、酸化反応の場合に生じるような体積膨張がほとんどない。従って、ハロゲン化領域の存在による凹凸の発生は少なく、極めて良好な平滑性を示す。

【0063】上述した第1の実施の形態に係る製造方法によれば、強磁性体層20の表面はエッチングされない、非強磁性体領域40と強磁性体領域20Aの表面高さはほぼ等しく、反応開始時の平滑な表面がほぼ保た

れる。従って、従来のようにイオンミリングを用いてパターンドメディアを作製する場合のように、最終工程でCMPによる表面を平滑化する工程を必要としないので、製造工程を大幅に短縮することができる。

【0064】また、イオンミリングを用いた場合は、強磁性体領域の加工表面、例えばその側壁にイオンミリングによるダメージの影響が残るが、上述する第1の実施の形態の方法によれば、強磁性体領域20Aがこのようなダメージを受けることはない。よって、プロセスに起因する強磁性体領域20Aの特性劣化が生じにくい。

【0065】さらに、上述する酸化反応を使用した従来のパターンニング方法では、主に酸化耐性の高い、Ti等の金属や SiO_2 等の無機膜をマスクとして使用する、酸化反応の後に、これらのマスクを剥離するためRIE工程が必要であり、この時に媒体表面が一部スパッタによりダメージを受けることがある。これに対し、第1の実施の形態に係る磁性体のパターンニング方法では、ハロゲン化反応を使用しているため、一般的なレジストマスクを使用することができ、しかも媒体表面へのダメージが極めて小さい酸素アッシングでレジストを簡単に剥離することができる。

【0066】さらに、上述する第1の実施の形態の製造方法によれば、強磁性体領域20Aの形状がレジスト膜厚に依存しないため、レジスト膜厚を薄くできる。このため、例えば、ジブロックコポリマーの自己組織化現象（相分離現象）を利用したドット状の厚み20nm程度の薄いレジストパターンを利用することもできる。ブロックコポリマーとは、複数のホモポリマーを構成成分とする直鎖ポリマーからなるコポリマーのことであり、特に2種類のポリマーが化学的に結合したものをジブロックコポリマーと呼ぶ。例えば、このようなレジスト材としては、光ディスク基板等に一般的に利用されているポリスチレン(PS)とポリメチルメタクリレート(PMMA)からなるジブロックコポリマー等を用いることができる。

【0067】ブロックコポリマーは組成比、分子量を制御することで、様々な構造を容易に形成することが可能であるが、例えば、ポリスチレン(PS)とポリメチルメタクリレート(PMMA)を混合した液剤を強磁性体層20上にコーティングすると、PMMAからなる「島」状領域とPSからなる「海」状領域とに相分離した海島構造を得ることができる。これをオゾン中に曝露し、PSを選択的に気化させれば、規則的なPMMAの厚み20nm、直径40nm未満のドットパターンを得ることができる。即ち、パターンドメディアの形成に適した大きさのドットパターンを一括して形成することができる。

【0068】従来のイオンビームミリングを用いる方法では、このような薄いレジストを用いることは困難であるが、化学的な手法を用いる第1の実施の形態の方法で

は、十分にレジストとして使用することができる。このジブロックコポリマーの自己組織化現象を利用してレジストのパターニングを行えば、長時間を要するEB描画によるレジストのパターニングが不要になるので、プロセスの簡略化に極めて有効な手段となる。

【0069】このように、第1の実施の形態の磁気記録媒体によれば、パターンドメディア構造自体が有する、優れた熱揺らぎ耐性と隣接ビットからのクロストーク、パーシャルイレイズの遮断効果に加えて、製造工程中に受けるダメージの減少による磁気特性の向上、プロセスの短縮化を図ることができる。

【0070】以下、第1の実施の形態に係るパターンドメディアの効果を確認するために発明者等が行った実施例について説明する。

【0071】（実施例1）まず、スパッタ法によりSi基板上にCoPtを20nm成膜し、この試料表面のMFM（磁気力顕微鏡）像を観測した。典型的な強磁性体の磁気パターンであるコントラストの良い唐草模様を持つ垂直磁気記録媒体の像が観察された。VSM（振動試料型磁力計）で垂直方向のヒステリシスカーブを測定したところ、図3（a）に示すような、角形比0.49、保磁力15000eのカーブが得られた。

【0072】この後、試料表面の組成をXPS（X線光電子分光法）を用いて解析した。Binding energy = 778eVにCo特有のピークが観測された。また同時にCoOのピーク（781eV）も確認されたが、これは大気中の酸素による自然酸化によるものである。また、70～75eVにPt特有の2本のピークも観測された。

【0073】次に、同様にスパッタ法によりSi基板上にCoPtを20nm成膜した試料を密封チャンバー内に入れ、チャンバー内でプラズマを発生させ、ここにCF₄ガスを導入し、Fラジカルを生成させた。こうして、試料表面をFラジカルに約30秒曝露した。なお、この時の試料温度は室温とした。

【0074】この後、試料表面の組成をXPS（X線光電子分光法）を用いて解析したところ、778eV（Co）、781eV（CoO）の両ピークが消失し、新たに783eVのピーク（フッ化コバルト）が観測された。なお、Ptピークにピークシフトは観測されなかった。これはFラジカルに曝露することで、確実に表面がフッ化コバルトに変質したことを示している。

【0075】さらに、試料表面の組成をAES（走査型オージェ電子分光装置）を用いて解析したところ、CoPtはフッ化コバルトに変化していることが確認できた。スパッタしながらフッ化コバルトのピークの経時変化を観測することで、フッ化コバルトが媒体表面から深さ10nm程度まで存在していることがわかった。さらにFラジカル曝露時間を長くすれば（10分）、CoPtの膜厚である20nm全てをハライド化できることも確認できた。

【0076】また、試料表面のMFM像を観測したところ、磁化が消失した際にみられる典型的MFM像が観測された。

【0077】この試料をVSMで観測すると、図3（b）に示すような典型的な常磁性体のデータを得た。CoF₂は本来反磁性体であるが、ネール温度が非常に低いため室温では常磁性体的な振る舞いをするためである。

【0078】この結果より、強磁性体層であるCoPt膜はFラジカルに曝露することにより、短時間にハライド化され、磁気を消失することが確認できた。

【0079】（実施例2）反磁性体であるCoF₂で、強磁性体であるCoPtを取り囲んだパターンドメディアの試料を製作した。即ち、まずスパッタ法によりSi基板上にCoPtを20nm成膜した後、このCoPt膜上にスピンコートにより、厚み約1.0μmのレジストを塗布し、一括露光、現像の工程を経て図4

（a）に示すようなレジストパターンを形成した。なお、ここでは、表面層での各強磁性体領域のサイズを2.0μm角とした。

【0080】この試料表面を室温のまま、実施例1と同様な条件で発生させたFラジカル中に約30秒曝露した。この後、レジストを酸素アッシャーを用いて除去した。

【0081】この試料のMFM像を観測したところ、図4（b）に示すようなレジストパターンに相当する磁性パターンを得ることができた。即ち、レジスト膜で被覆していた領域については、典型的な垂直磁気異方性をもつ強磁性体のMFM像が観測され、CoPt面が露出していた領域では磁化が消失した際にみられる典型的MFM像が観測された。

【0082】また、CoPt面が露出していた領域をXPSを用いて解析したところ、CoPtがハライドに変化していることが確認できた。なお、ここではXPSを用いて組成の同定を行っているが、AES、SIMS（二次イオン質量分析装置）等の表面分析装置を用いて確認することもできる。

【0083】こうして、得られた試料は、表面に凹凸は無く、一様に連続薄膜であるが、磁気的には図1（a）或いは図1（b）に示すように、少なくとも表面層に孤立した強磁性体領域20Åが非強磁性体領域40Å中に規則的に配列したパターンドメディアであることが確認できた。

【0084】（実施例3）上述した実施例2より微細な強磁性体領域パターンを形成するため、レジストの露光に際して、EB（電子ビーム）描画を行った。こうして、約80nm角の微細な強磁性体領域パターンを形成した。これ以外の条件については、上述した実施例2の条件と同じ条件を用いて試料を作製した。即ち、スパッタ法によりSi基板上にCoPtを20nm成膜した

後、この上にネガレジストをコーティングし、EB描画により微細なレジストパターンを形成し、室温で、Fラジカル中に約30秒曝露した。この後、レジストを除去した。

【0085】得られた試料をMFMで観測したところ、強磁性体領域において、単色像が得られた。即ち、強磁性体領域を80nm角サイズ程度に小さくすると、この領域に単磁区状態が形成されることが確認できた。VSMで垂直方向の磁気特性を観測したところ、角形比1.00、保磁力4500Oeが得られた。この値は、実施例1において、Fラジカルに曝露しなかったスパッタ後のCoPt膜のVSMカーブに比較し、角形比で2倍、保磁力で3倍であり、磁気特性の向上が見られた。また、この磁気特性は、後述する比較例1で、従来方法によって作製した同サイズのパターンドメディアと比較しても、より良好な特性が得られていることが確認できた。

【0086】（実施例4）スパッタ法によりSi基板上にCoPtを30nm成膜した。その後、酸素雰囲気下で1日放置し、CoPt表面を酸化させた。XPSで表面を観測したところ、CoOのピーク（781eV）が確認された。

【0087】その後、このCoPt膜上にスピコートにより、厚み約1.0μmのレジストを塗布し、一括露光、現像の工程を経て図4（a）に示すような、複数の2.0μm角の矩形レジストパターンを形成した。

【0088】この試料表面を室温のまま、実施例1と同様な条件で発生させたFラジカル中に約30秒曝露した。この後、レジストを酸素アッシャーを用いて除去した。

【0089】この試料のMFM像を観測したところ、図4（b）に示すようなレジストパターンに相当する磁性パターンを得ることができた。即ち、レジスト膜で被覆していた領域については、典型的な垂直磁気異方性をもつ強磁性体のMFM像が観測され、CoPt面が露出していた領域では磁化が消失した際にみられる典型的MFM像が観測された。同時に測定された凹凸像（AFM凹凸像と同様のもの）ではほとんど凹凸が観測されなかった。

【0090】また、CoPt面が露出していた領域をXPSを用いて解析したところ、CoPtがハライドに変化していることが確認できた。

【0091】この結果、あらかじめ反応表面が自然酸化している場合にも、その後のフッ素ラジカルの置換反応によって、ハライド層を得ることができることがわかった。また、この方法により、媒体表面に凹凸のほとんどないパターンドメディアの形成が可能であることがわかった。

【0092】（比較例1）比較例として、従来の一般的なパターンドメディアの製法に従い、試料を作製した。

即ち、スパッタ法によりSi基板上にCoPtを20nm成膜した後、その表面にネガレジストをコーティングし、EB描画により、実施例3と同様に80nm角の強磁性体領域に相当するパターンを形成した。この後、Arイオンビームミリングで試料表面を均一にエッチングした。レジストで被覆されていない領域のCoPtを約20nm程度エッチングしたところで、残りのレジストをO₂アッシングで除去した。この後、スパッタでSiO₂を20nm形成し、イオンミリングにより形成されたCoPtの溝部を埋めるように表面を被覆した。さらに、CMP処理を行い、表面を研磨した。こうしてそれぞれ独立に約80nm角の強磁性体領域であるCoPtをSiO₂で取り囲んだパターンドメディアを得た。即ち、作製された試料は、実施例3で作製した試料のハライド部がSiO₂になったものに相当する。

【0093】MFMで、CoPt部分を観測したところ、強磁性体領域のサイズを2μm角とした実施例2の磁気像とほぼ同じものであった。VSMで垂直方向の磁気特性を観測したところ、角形比は0.70、保磁力2000Oeが得られた。この値は、実施例1で、Fラジカル曝露を行わなかった、スパッタ直後のCoPtの連続膜の磁気特性と較べると向上してはいるものの、実施例3の同サイズの強磁性体領域を有するパターンドメディアと比較してその磁性特性は劣っていた。

【0094】（結果）実施例3と比較例との対比より、実施例3のパターンドメディアは、その製造工程が簡易なばかりでなく、比較例のパターンドメディアに比較すると強磁性体領域の磁気特性を向上できることが確認できた。

【0095】比較例の試料では、イオンビームミリングを用いて加工しているため、強磁性体領域の加工表面が少なからずダメージを受けている可能性があるのに対し、実施例3の試料では、物理的なダメージを伴わない化学的な方法を用いているため、強磁性体表面にダメージがないのが、その理由の一つと考えられる。

【0096】また、実施例3のパターンドメディアでは、CoPtをハライド化して非強磁性体領域を形成しているが、ハライドはイオン性結晶であり、比較例のパターンドメディアの非磁性体領域を形成するSiO₂のようなアモルファス（非晶質）ではない。従って、このイオン性結晶の良好な配向性が、隣接する強磁性体領域のCoPtの粒径を揃え、より磁気特性を向上させる要因となっていると考えられる。

【0097】また、実施例4の結果より、非磁性体領域の形成に、ハロゲン化反応を使用すると、HDD媒体に求められる平滑性、即ち0.8nm以下の凹凸範囲を十分満たすことが確認できた。

【0098】〔第2の実施の形態〕図5は、第2の実施の形態に係るパターンドメディアの構造を示す断面図である。

【0099】第2の実施の形態に係るパターンドメディアも、非強磁性体領域の形成方法は、第1の実施の形態に説明した方法と同様な化学的方法を用いる。第1の実施の形態と異なる点は、Si基板上に単層の強磁性体薄膜を形成する代わりに、人工格子膜を形成する点である。人工格子膜とは、強磁性体層と金属層等の複数の層を交互に規則的に積層したものであり、例えばCoとPtあるいはCoとPdを交互に積層したものが知られている。このような人工格子膜を用いれば、高い保磁力を得ることができる。これ以外の構成および製造方法は第1の実施の形態の方法と共通する。

【0100】第2の実施の形態に係るパターンドメディアを形成するためには、まず、図5に示すように、基板10上にスパッタ等の方法により、Co膜とPt膜を交互に積層した人工格子膜を形成する。例えばCo層の膜厚は、0.2nm～1.0nm、好ましくは0.5nmとする。また、Pt層の膜厚は、0.5nm～2.0nm、好ましくは1.0～2.0nmとする。また各層の層数は10層程度、Pt層数がCo層数より一層多くする。

【0101】この後の工程は基本的に第1の実施の形態の場合と同様であり、人工格子膜21上にレジストを形成し、EB描画等を用いてレジストを選択的に露光し、現像工程を経て、強磁性体領域として残る部分に相当するレジストパターンを形成する。続いて、活性な反応ガスあるいは反応液にレジストパターンを形成した人工格子膜21表面を曝す。

【0102】例えば、Fラジカルにレジストパターンを形成した人工格子膜21表面を曝すと、Fラジカルは、露出している人工格子膜21表面をハロゲン化し、ハライド領域25を形成する。

【0103】人工格子は規則的に積層された構造、特にその界面が重要である。従って積層構造のうちの1層であっても物理的損傷や化学的組成変化が加われば、上下の積層部分についての磁性が失われるので、図5に示すように、ハライド領域25は人工格子膜21のごく表面層の膜のみでよい。

【0104】後は、残ったレジストを除去すれば、図1(a)と同様に、人工格子膜からなる強磁性体領域20Aとこの領域を囲む非強磁性体領域40を有するパターンドメディアを得ることができる。

【0105】上述するように、イオンビームミリングを用いた従来の方法では、強磁性体領域の加工表面にダメージが加わるため、わずかなダメージが磁性特性に影響する人工格子を用いたパターンドメディアを形成することは困難であるが、第2の実施の形態に係る方法を用いれば、人工格子膜を用いたパターンドメディアの作製が容易になる。

【0106】なお、この場合も、第1の実施の形態に説明したように、薄いレジスト膜を使用することができる

ため、EB描画を用いたレジストのパターニングに代えて、ジブロックコポリマーの自己組織化現象を利用したレジストパターニング法を利用することができる。

【0107】以下、第2の実施の形態に係る人工格子膜を使用したパターンドメディアの効果を確認するために発明者等が行った実施例について説明する。

【0108】(実施例5) まず、Si基板上にスパッタ法を用いて膜厚4.4nmのCo膜と膜厚9.5nmのPt膜を交互に10層積層し、人工格子膜を形成した。この状態で、MFMを観測したところ、垂直磁気異方性のある強磁性体特有の磁気パターンが観測された。また、VSMで垂直方向の磁気特性を観測したところ、角形比0.8、保磁力20000eが得られた。

【0109】続いて、人工格子膜上に膜厚1.0μmのレジストをコーティングし、EB描画により約80nm角の微細な強磁性体領域パターンを形成し、実施例1と同様な条件で室温で約30秒程度、Fラジカルに曝し、露出部分表面をハロゲン化した。この後、残ったレジストを除去した。

【0110】こうして得られた試料のMFM像を観測したところ、強磁性体領域と非強磁性体領域の存在が高いコントラスト比で確認できた。このコントラスト比は実施例3で得られたものより高いものであった。また、強磁性体領域については、単色像が形成され、単磁区化がなされていることも確認された。この部分をVSMで垂直方向の磁気特性を観測したところ、角形比1.00、保磁力50000eが得られた。

【0111】このように人工格子膜を用いてパターンドメディアを形成すると、CoPtの単層膜を使用した場合より、さらに高いS/Nが得られることが確認できた。

【0112】(実施例6) 実施例5と同様な条件で、基板上に人工格子膜を形成した後、ポリスチレン(PS)とポリメチルメタクリレート(PMMA)を混合した液剤を人工格子膜上にコーティングし、PMMAからなる「島」状領域とPSからなる「海」状領域とに相分離した海島構造形成した。これをオゾン中に暴露し、PSを選択的に気化し、厚み約20nm、直径約40nm程度のPMMAのドットパターンを形成した。

【0113】続いて、この試料を室温で約30秒程度、Fラジカルに曝し、露出部分表面をハロゲン化した。この後、残ったPMMAを除去した。

【0114】得られた試料のMFM像を観測すると、PMMAで被覆されていた領域が、単磁区の強磁性体領域を形成しており、それ以外の領域は非強磁性体領域となっていることが確認できた。

【0115】このように、本実施の形態に係る方法によれば、凹凸段差が20nmしかないジブロックコポリマーの自己組織化による相分離現象を用いたレジストパターンを用いて微細な強磁性体領域を持つパターンドメディア

ィアを作製できることが確認できた。

【0116】このことは、長時間を要するEB描画に代えて、ジブロックコポリマーの相分離を用いたレジストのパターニング方法を利用することで、レジストのパターニング工程を大幅に短縮化できることを意味する。

【0117】〔第3の実施の形態〕第3の実施の形態は、磁気記録媒体上のサーボ領域へのサーボ情報の書き込み方法に関する。第1の実施の形態で説明したハロゲン化反応を用いた磁性体のパターニング方法は、パターンドメディアを形成する場合のみならず、サーボ領域へのサーボ情報の書き込みを一括して行う方法として利用することもできる。

【0118】即ち、第3の実施の形態に係る磁気記録媒体では、強磁性体層が形成された記録層の表面にレジストをコーティングし、サーボ領域となる部分に、サーボ信号パターンに相当する開口パターンを形成する。サーボ信号パターンは一般に使用されているものでよく、例えば、図6(a)に示すような楔型パターン65を複数並べたものや、或いは図6(b)に示すような左右交互にパターン66を形成したものを上下に半ピッチずらし二列並べたもの等を形成する。

【0119】レジストパターン形成後、第1の実施の形態と同様な条件で磁気記録媒体を活性な反応ガス中、例えばFラジカルに曝露し、レジストパターンの開口部分の強磁性体層をハライド化し、非強磁性体領域に変化させる。レジストを除去すれば、磁気記録媒体上のサーボ領域には、レジストパターンに相当する磁気パターンが形成できる。

【0120】なお、サーボ領域に形成する磁気パターンは、磁気情報として確認できるものであればよいので、パターンの内側もしくは外側のどちらを強磁性体領域にし、どちらを非強磁性体領域にするかは問わない。

【0121】この方法を用いてサーボ情報の書き込みを行えば、各領域への書き込みを一括工程で行うことができるので、サーボ情報の書き込みに要する時間を大幅に短縮することができる。

【0122】さらに、上記第3の実施の形態に係るサーボ情報の書き込み方法は、磁気ヘッドがディスク上のどの位置にいても常にサーボ信号が取り出せる連続サーボ方式の磁気記録媒体のサーボ情報書き込み方法にも応用することができる。連続サーボ方式の磁気記録媒体としては、例えば、特開P2000-19200号公報に、記録トラックの両隣に位置するサーボパターンを磁気記録媒体全面に形成した磁気記録媒体が開示されている。同公報には、フォトリソグラフィ技術と薄膜形成技術を用いてプリフォーマットされていると記されているのみで、具体的なサーボパターンの形成方法には触れられていないが、第1の実施の形態に係るパターンドメディアの形成方法と同様な方法で、この連続サーボ方式に使用するサーボパターンを形成することができる。

【0123】図7は、連続サーボ方式の媒体に形成するサーボパターンの一例を示す。同図に示すように、サーボパターン81は、記録領域が形成される各記録トラック82の両側に周期的に、半周期ずらして配置する。なお、サーボパターン81の形状は、図示したドットに限られるわけではなく矩形や長軸パターンであってもよい。

【0124】なお、記録トラック82の両側に規則的に配置されるドットパターン81は、すでに説明したジブロックコポリマーの自己組織化現象(相分離現象)を利用し形成した規則的なドット状レジストパターンを用いてパターニングすることも可能である。この場合は、極めて微細なパターンを電子ビーム描画等を使用せずに、記録媒体全面に一括して形成できるので、大幅な工程の簡略化を図ることができ、連続サーボ方式の磁気記録媒体の形成が容易になる。

【0125】なお、第3の実施の形態に係る記録媒体の記録層の記録方式や構造については特に限定はなく、通常の長手記録方式の記録層であってもよいし、垂直記録方式の記録層であってもよい。また、単層の連続膜でも、人工格子膜でもよく、あるいは第1、第2の実施の形態に説明したようなパターンドメディアでもよい。パターンドメディアを形成する場合は、サーボ情報の書き込みをパターンドメディアの形成と同時に行うことができる。

【0126】以下、発明者等が行った第3の実施の形態に係る実施例について説明する。

【0127】(実施例7)図6(a)で示す楔型の開口パターン65に相当するレジストパターンを形成した以外は、実施例2と同様の条件で試料を作製した。即ち、スパッタ法によりSi基板上にCoPtを20nm成膜した後、このCoPt膜上にスピコートにより、厚み約1.0μmのレジストを塗布し、一括露光、現像の工程を経て図6(a)に示す楔型の開口パターン65を形成した。続けて、試料表面を室温のまま、Fラジカル中に約30秒曝露した。この後、レジストを酸素アッシャーを用いて除去した。

【0128】XPSにより、Fラジカルに曝したレジストの開口部分のCoPtのみが反強磁性体(CoF₂)に化学変化したことが確認できた。また、MFMで観測したところ、レジストパターンに相当する楔形パターンの磁気像が得られた。

【0129】この結果より、第3の実施の形態に係る磁性体のパターニング方法を用いることで、大面積に一括して、サーボ情報、即ちトラッキングサーボ情報の書き込みを行うことができることが確認できた。

【0130】(実施例8)図7で示すサーボパターン81を長方形形状に変えたものを作製した。サーボパターンに対応する開口パターンをレジストで形成した以外は、実施例2と同様の条件で試料を作製した。スパッタ

法によりSi基板上にCoPtを20nm成膜した後、このCoPt膜上にスピンコートにより、厚み約1.0μmのレジストを塗布し、一括露光、現像の工程を経て長方形の開口パターンを形成した。続けて、試料表面を室温のまま、Fラジカル中に約30秒曝露した。この後、レジストを酸素アッシャーを用いて除去した。

【0131】XPSにより、Fラジカルに曝したレジストの開口部分のCoPtのみがCoF₂に化学変化したことが確認できた。また、MFMで観測したところ、レジストパターンに相当する長方形パターンの磁気像が得られた。

【0132】この結果より、第3の実施の形態に係る磁性体のパターンニング方法を用いることで、大面積に一括して、サーボ情報、即ちトラッキングサーボ情報を記録することができることが確認できた。

【0133】〔第4の実施の形態〕第4の実施の形態は、深層サーボ方式の磁気記録媒体の構造とその製造方法に関する。

【0134】図8に、第4の実施の形態に係る深層サーボ方式の磁気記録媒体構造を示す。

【0135】基板15上に、強磁性体層64が形成され、その表面層にサーボ情報パターンを持つ非強磁性体領域62が形成されている。この強磁性体層64および非強磁性体領域62によりサーボ層60が構成されている。サーボ層60上には、非磁性体層70を介して記録層である強磁性体層25が形成されている。

【0136】図9(a)～図9(e)は、第4の実施の形態に係る磁気記録媒体の製造方法を示す工程図である。

【0137】サーボ層の形成方法は、基本的に第1の実施の形態のパターンメディアの作製方法と同じ化学的方法を用いる。即ち、まず、図9(a)に示すように、スパッタ法等を用いて基板15上に強磁性体層64を形成する。この強磁性体層64は、第1の実施の形態の強磁性体層20と同様に、Co、Ni、Feを含む種々の強磁性体材料を使用できる。また、第2の実施の形態で説明したような人工格子膜を形成してもよい。

【0138】次に、強磁性体層64上にレジスト膜をコーティングし、一括露光、現像工程を経て、強磁性体層64上にサーボ情報に相当するレジストパターン32を基板全面に形成する。レジストパターン32は特に限定されないが、例えば図6(a)又は図6(b)に示すような一般的なサーボ情報パターンを用いてもよい。この後、第1の実施の形態の場合と同様な条件で、基板表面を活性な反応ガスや反応液、例えばFラジカルに曝露する。

【0139】図9(b)に示すように、Fラジカルに曝露された領域の強磁性体層64は磁性を失い非強磁性体領域62に変化する。なお、非磁性体領域62は、サーボ情報としての磁気パターンを形成できれば良いので、

非磁性体領域62はそれほど深くなくて良い。

【0140】図9(c)に示すように、残ったレジストを除去した後、図9(d)に示すように、基板表面上にCVD法等を用いて非磁性層70を形成する。この非磁性層70は、SiO₂、Al₂O₃、TiO₂等の酸化物やSi₃N₄、AlN、TiN、BN等の窒化物の他、TiC等の炭化物を用いてもよい。

【0141】さらに、図9(e)に示すように、非磁性層70上に強磁性体層25を形成する。なお、この強磁性体層25の材料や構造には、特に限定はない。単層の連続膜を用いてもよいし、第1の実施の形態に説明するようなパターンメディアを形成してもよい。あるいは第2の実施の形態に説明したような人工格子膜を形成してもよい。また、通常の長手記録方式の記録層としてもよいし、垂直記録方式の記録層としてもよい。こうして、深層サーボ方式の磁気記録媒体が得られる。

【0142】深層サーボ方式の磁気記録媒体では、サーボ情報が記録層25と独立したサーボ層60に書き込まれるので、サーボ層60全面にサーボ情報の書き込みを行うことができるため、位置決め制度を高精度に行うことができるが、その一方で、書き込むサーボ情報の量が大幅に増える。しかし、上述する第4の実施の形態の製造方法を使用すれば、一括してサーボ情報の書き込みが可能であるため、大幅な工程短縮を図ることができる。

【0143】以下、発明者等が行った第4の実施の形態に係る実施例について説明する。

【0144】(実施例9) 実施例7と同様な方法を用いて深層サーボ領域を形成した。即ち、基板上にスパッタ法を用いてCoPtを約20nm形成した。この上に約1μm厚のレジスト膜をコーティングし、一括露光、現像工程を経て、レジスト膜に図6(a)に示す模型のサーボパターンに相当する開口パターンを形成した。続けて、試料表面を室温のまま、Fラジカル中に約30秒曝露した。この後、レジストを酸素アッシャーを用いて除去した。

【0145】次に、サーボ層上にスパッタ法によってSiO₂を500nm成膜し、さらにスパッタ法で記録層となるCoPtを50nm成膜した。こうして、深層サーボ構造を有する磁気記録媒体が得られた。

【0146】〔第5の実施の形態〕第5の実施の形態は、上述した第1～第4の実施の形態に係る磁気記録媒体を備えた磁気記録装置(HDD)に関する。

【0147】図10は、第5の実施の形態に係るHDDの構造の一例を示す斜視図である。同図に示すように、磁気記録媒体100は、スピンドル101に装着されており、図示しないモーターで回転する。固定軸103に取り付けられたアクチュエータアーム102はその先にサスペンション104を備えており、このサスペンション104の先端にヘッドスライダー105を有している。

【0148】アクチュエータアーム102の基端にはリニアモータの1種であるボイスコイルモータ106が設けられており、このボイスコイルモータ106はアクチュエータアーム102のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルとこのコイルを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路を備えている。

【0149】ヘッドスライダ105の先端には、図示しない記録/再生ヘッドが形成されており、ディスクの回転によりヘッドスライダ105が磁気記録媒体100との間に一定距離を保って浮上し、記録/再生ヘッドが磁気記録媒体100に対して相対的に移動する。記録の際には、記録ヘッドから発せられる磁界により磁気記録媒体100に情報が記録される。また、情報の再生に際しては、再生ヘッドが磁気記録媒体上を走査することで磁気記録媒体上の各ビットからの漏れ磁界により情報が再生される。

【0150】図11は、本実施の形態のもう一つのHDDの構造を示す斜視図である。上述した図10に示すHDDは、磁気記録媒体が回転し、浮上型磁気ヘッドで記録/再生を行うものであるが、磁気記録媒体の記録密度の高密度化が進むと、記録媒体の回転に伴う軸ぶれの影響が無視できなくなる。これに対し、図11に示すHDDは、回転駆動を用いないため、軸ぶれの問題が生じない。

【0151】磁気記録媒体202はXYZ方向への駆動が可能なステージ203上に載置されるとともに、磁気ヘッドを複数設けたヘッド部201を磁気記録媒体に対向配置させている。ヘッド部201は固定されており、圧電素子を用いたステージ203の駆動により磁気記録媒体202がヘッド部201に対し相対的に移動する。回転駆動を行わないため、磁気記録媒体の形状も円盤である必要はなく、同図に示すように矩形状のもの等を用いることができる。

【0152】ヘッド部201にはマルチアレイ状に複数のヘッドが備えられており、同時に複数の情報を記録/再生することで高速かつ大容量のデータ記録/再生が可能になる。尚、ヘッドの数には特に限定はない。

【0153】磁気記録媒体への情報の記録方法は特に限定されず、ヘッドからの漏れ磁界で書き込む方法、あるいは針状のプロープによる電荷注入により流れた電流によって形成した磁界による書き込み方法等いずれを用いてもよい。

【0154】磁気記録媒体の情報の再生方法についても特に限定されない。磁気記録媒体の漏れ磁界を検出する方法でも、記録媒体のトンネル電流のスピンを検出する方法等でもよい。

【0155】上述するHDDは、第1または第2の実施の形態に係るパターンドメディアを備える場合は、SN比が高く、大容量の、しかも製造コストが安価な装置を

提供できる。また、第3および4の実施の形態に係る磁気記録媒体を備える場合は、サーボ情報の書き込みに伴う時間の短縮により製造コストを安価にできるとともに、特に第4の実施の形態の深層サーボ方式の磁気記録媒体を用いる場合は、記憶容量の大容量化と高精度な位置決め制御を提供できる。

【0156】〔第6の実施の形態〕第6の実施の形態は、磁気記録媒体以外の磁性体のパターンニング、特にMRAM (Magnetic Random Access Memory) のパターンニングについて説明する。

【0157】上述した第1～第4の実施の形態に係る磁性体のパターンニング方法は、磁気記録媒体以外の磁性体のパターンニングを必要とする種々の磁性体製品、例えばMRAM、モーター、磁気センサー、磁気スイッチ等の加工に使用することができる。従来、これらの磁性体製品の製造方法では、いずれも硬い磁性体層の加工にイオンミリング等の物理的なエッチングが主に使用されており、これをハロゲン化反応を用いて不活性磁性体領域を非磁性体層化する方法を使用すれば、物理的ダメージによる磁性体層の特性悪化を防止できる。

【0158】特に、集積化と量産化が求められるMRAMの製造方法には、第1～第4の実施の形態に係る磁性体のパターンニング方法を適用するメリットは大きい。MRAMは、磁気トンネル接合の技術をランダムアクセスメモリに応用したものであり、二つの強磁性体層とその間に挟まれた薄い絶縁層からなる磁気トンネル接合素子構造を有する。従来のDRAMに対し、揮発性メモリとして使用できることやアクセス速度が速いことなどのメリットを備えている。大型のメモリ容量を確保するため、高集積化が必要であり、その製造工程には、微細加工とプロセスの簡略化が求められている。

【0159】図12(a)～図12(c)に、第6の実施の形態に係るMRAMのパターンニング工程を示す。なお、ここには、単一のメモリ素子のみを図示しているが、実際の製品では、同様なメモリ素子が同一基板上にマトリクスに配置される。

【0160】まず、図12(a)に示すように、例えば熱酸化膜が形成されたSi基板310上に、パッド層320、下層強磁性体層330、トンネル酸化層340、上層強磁性体層350を順次積層形成し、さらにこの積層表面にレジスト360パターンを形成する。なお、Si基板310と下層強磁性体層320の間には、複数のパッド層と、電極層を形成してもよい。また、下層強磁性体層330、および上層強磁性体層350としては、第1の実施の形態で説明するように、Fe、Ni、Coのいずれかの元素を組成に含む種々の強磁性体材料を使用することができる。

【0161】表面層を、第1の実施の形態と同様な条件でフッ素ラジカル等のハロゲンガスを含む活性な反応ガス中に曝す。その後、残留レジストは、酸素アッシング

により除去する。図12(b)に示すように、レジスト360のマスキで被覆されていない領域は、上層強磁性体層350から下層強磁性体層330にかけてハロゲン化し、非強磁性の絶縁層であるハロゲン化物370にかわる。

【0162】さらに、この後、通常の半導体プロセスを使用して、上部電極層370のパターンを記録領域層上に形成すれば、図12(c)に示すMRAM構造が得られる。

【0163】上述する第6の実施の形態に係るパターンニング方法を使用すれば、エッチング工程を伴わずに化学的な方法で上層強磁性体層350、トンネル酸化層340および下層電極層330の各メモリ素子領域の分離を行うことができる。

【0164】従来のイオンミリング法を用いた物理的エッチングで加工を行った場合は、Arイオンの入射角度により、ミリングによる再付着物の影響で、接合を形成する上層強磁性体層350、トンネル酸化層340および下層電極層330の側壁で短絡が発生することが多いが、上述する第6の実施の形態に係る磁性体のパターンニング方法を使用すれば、物理的エッチングに伴うダメージがないだけでなく、エッチング後の残渣による上下の強磁性体層330、350での短絡等の発生も防ぐことができる。

【0165】また、ハロゲン化反応を使用するため、酸素アッシング可能なレジストを使用することができる。さらに、レジストとして、ジブロックコポリマー等の自己組織化レジストを使用すれば、大面積に一括して、微細パターンを形成できるので、より容易に高集積化を図ることができる。

【0166】なお、再生用磁気ヘッド等に応用できる磁気トンネル接合も、同様な磁性体のパターンニング方法を用いて作製することができる。

【0167】以下、発明者等が行った第6の実施の形態に係る実施例について説明する。

【0168】(実施例10)再び、図12(a)～図12(c)を参照して、実施例10に係る磁性体のパターンニングについて説明する。

【0169】まず、スパッタ法で熱酸化膜付きのSi基板310上に、バッファ層320として膜厚約20nmのNiFe膜を形成した。続けてバッファ層320上に下層強磁性体層330である厚み約4nmのCo膜、トンネル酸化層である厚み約1nmのAl₂O₃、及び上層強磁性体層350である厚み約10nmのCo膜を順次積層した。その後、上層強磁性体層350表面上にスピコートにより厚み約1μmのレジストを塗布し、一括露光、現像の工程を経て5.0×5.0μmの正方形のレジストマスクパターンを形成した。

【0170】ICP装置を用いて、発生させたFラジカル中に基板を約3分間曝した。レジストマスクで覆われ

ていなかった露出領域をAESを用いて解析したところ、CoF₂の存在が確認できた。スパッタしながらCoF₂のピークの経時変化を測定した結果、表面より15nmの深さまでCoF₂の存在が確認できた。即ち、接合部(Co4nm/Al₂O₃1nm/Co10nm)の全てをハライド化したことが確認できた。

【0171】続けて、O₂アッシングでレジストを除去し、その後、上部電極層8として膜厚約300nmのCu膜を形成した。なお、パターンニングには、メタルマスクを使用した。

【0172】接合側面で短絡がないかどうかを調べるため、加工前、加工後の抵抗値を測定した。それぞれの抵抗値を接合部面積で規格化した値をR₀、R₁とした時、R₁/R₀=1であった。この結果より、短絡がなかったことが確認できた。また、作製した試料はR=1.7×10⁶Ω、MR=10%であった。

【0173】このようにして作製されたMRAMは、通常のイオンミリングによって加工されたMRAMとほぼ等しい抵抗値、MR比を示し、第6の実施の形態に係る磁性体のパターンニング方法がMRAM作製方法としても有効であることが示された。

【0174】以上、各実施の形態に沿って本発明の磁気記録媒体およびその製造方法等について説明したが、本発明はこれらの実施の形態の記載に限定されるものではない。種々の改良や置換が可能なのは当業者には明らかである。

【0175】

【発明の効果】上述するように、本発明の磁性体のパターンニング方法によれば、ハロゲン化反応を使用しているため、物理的なダメージがなく、良好な磁気特性をもつ磁性体加工品を簡易なプロセスで作製することができる。

【0176】本発明の第1の磁気記録媒体によれば、熱揺らぎ耐性にすぐれ、隣接する記録ビットの影響を受けない良好な磁気特性を有するパターンドメディアを従来に比べ大幅に短縮した製造工程で実現できる。

【0177】本発明の第2の磁気記録媒体によれば、サーボ領域へのサーボ情報の書き込みを、一括工程で行うことができるので、サーボ情報の書き込みに要する時間を大幅に短縮することができる。

【0178】本発明の磁気ランダムアクセスメモリによれば、信頼性の高いメモリ素子を高い生産性で作製できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るパターンドメディアを示す図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係るパターンドメディアの製造方法を示す工程図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態の実施例1に係る強磁性体層および非強磁性体層のVSMデータである。

【図4】本発明の第1の実施の形態の実施例2に係るレジストマスクのパターンを示す図および実際に煮えられたパターンドメディアのMFMデータの写真である。

【図5】本発明の第2の実施の形態に係る人工格子膜を用いたパターンドメディアの構造を示す断面図である。

【図6】サーボ情報のパターン例を示す平面図である。

【図7】連続サーボ方式の磁気記録媒体表面のパターン例を示す平面図である。

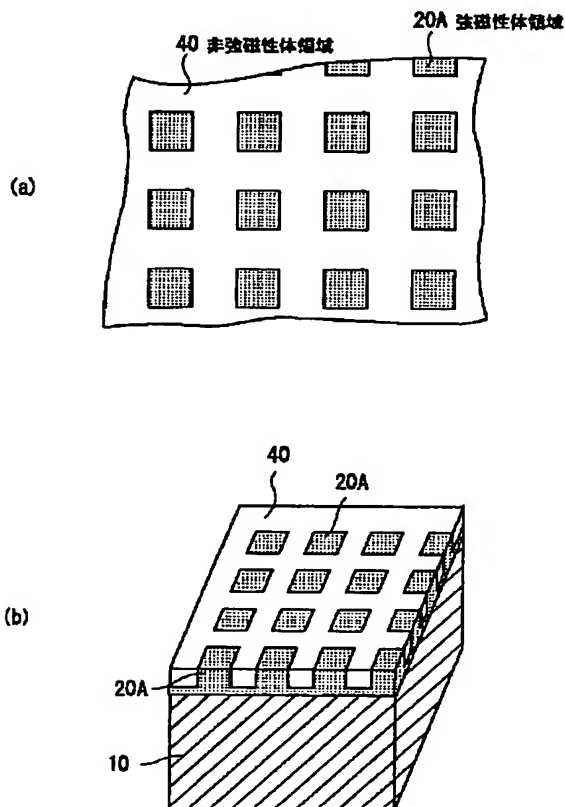
【図8】本発明の第4の実施の形態に係る深層サーボ構造を有する磁気記録媒体の構造を示す断面図である。

【図9】本発明の第4の実施の形態に係る深層サーボ構造を有する磁気記録媒体の製造方法を示す工程図である。

【図10】本発明の第5の実施の形態に係るハードディスクドライブの構造を示す装置の斜視図である。

【図11】本発明の第5の実施の形態に係る別のハードディスクドライブの構造を示す装置の斜視図である。

【図1】



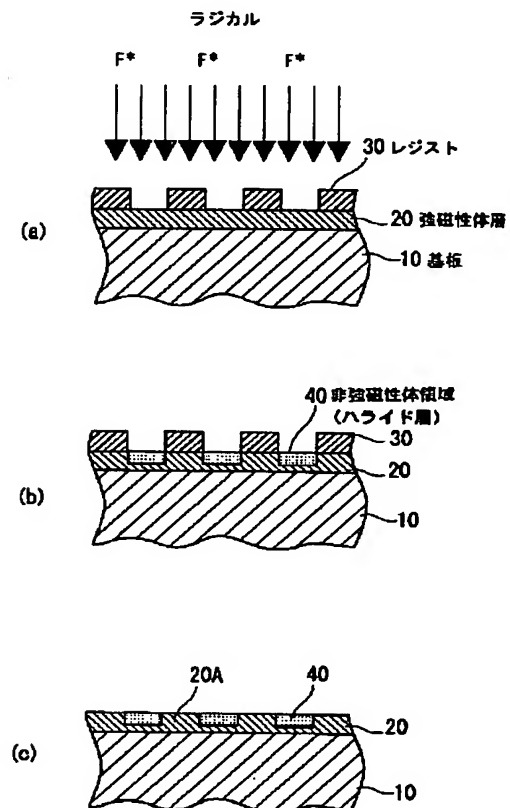
【図12】本発明の第6の実施の形態に係るMRAMの製造方法を示す工程図である。

【図13】従来のパターンドメディアの作製方法を示す工程図である。

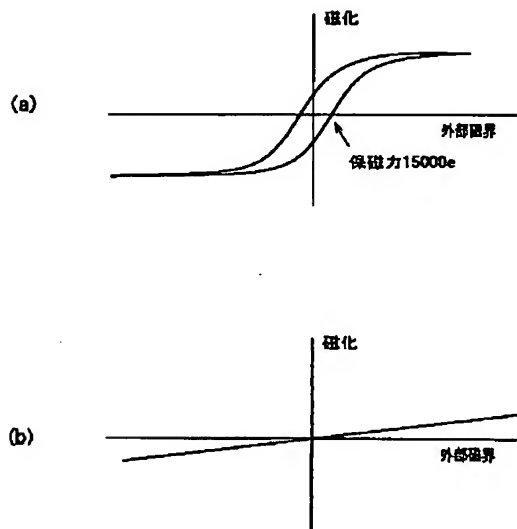
【符号の説明】

- 10、15 基板
- 20 強磁性体層
- 25 磁性体層
- 21 人工格子膜
- 30、32 レジスト
- 40 非強磁性体領域
- 60 深層サーボ領域
- 65 サーボパターン
- 70 非磁性体層
- 81 サーボパターン
- 82 記録トラック

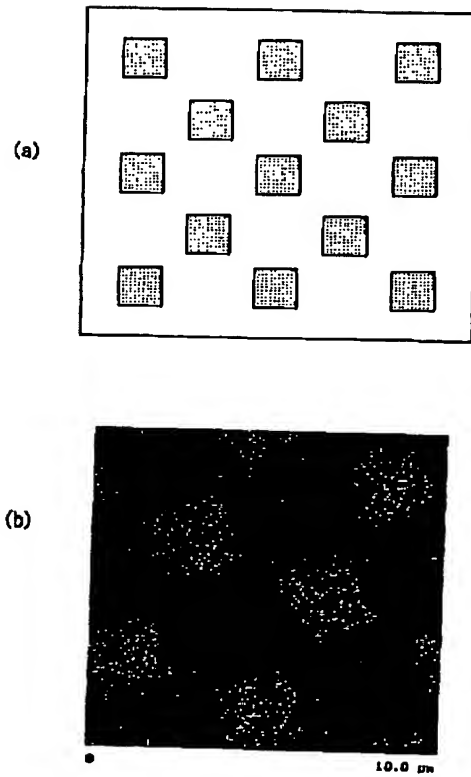
【図2】



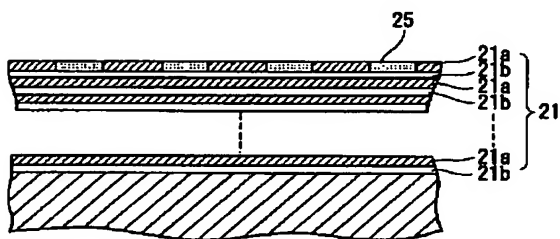
【図3】



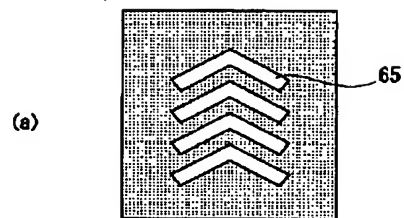
【図4】



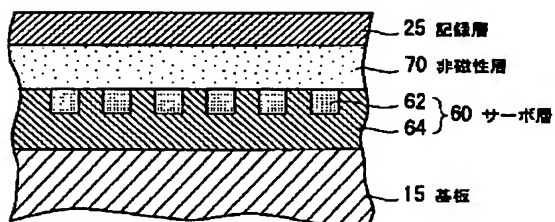
【図5】



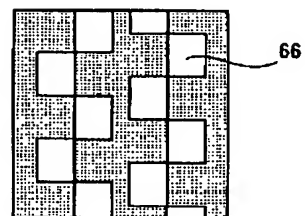
【図6】



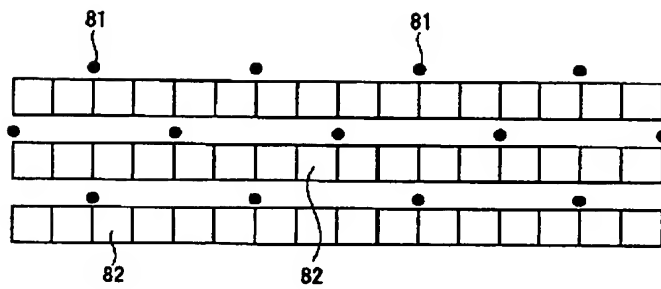
【図8】



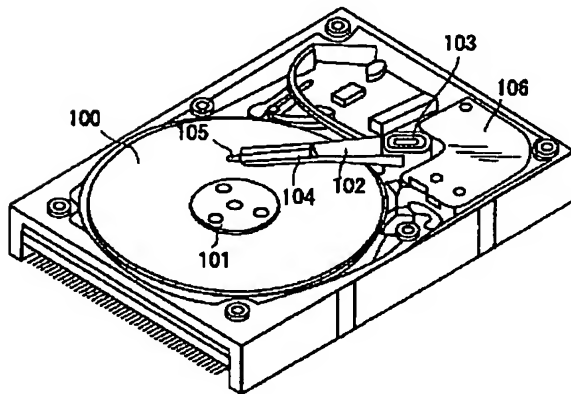
(b)



【図7】

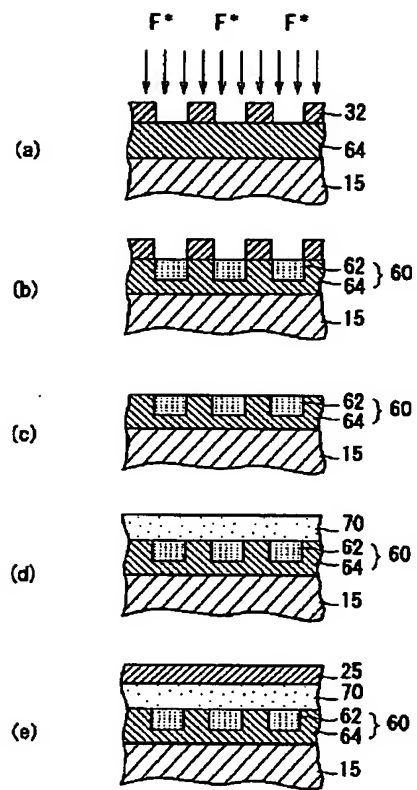


【図10】

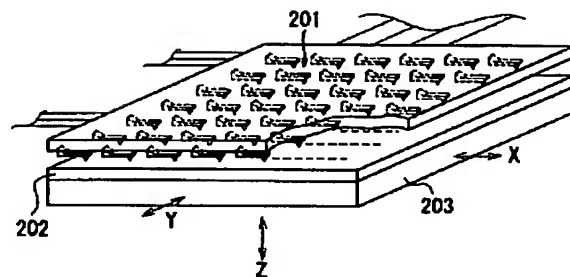


- 100 : 磁気記録媒体
 101 : スピンドル
 102 : アクチュエーターアーム
 103 : 固定盤
 104 : サスペンション
 105 : ヘッドスライダ
 106 : ボイスコイルモーター

【図9】

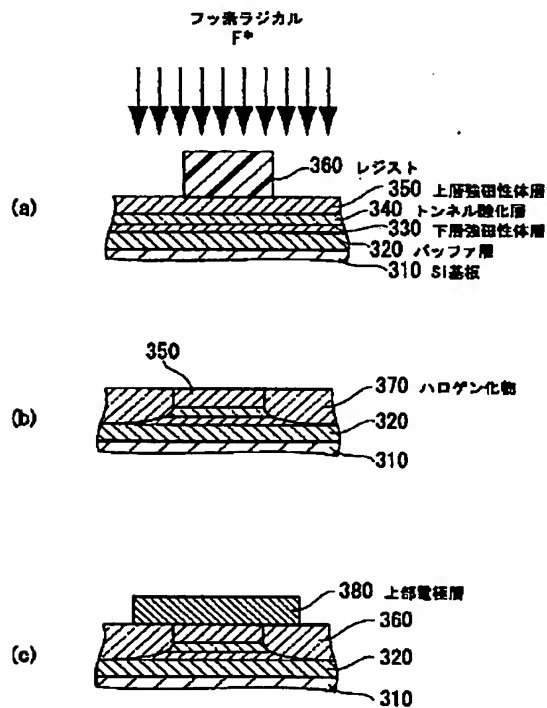


【図11】

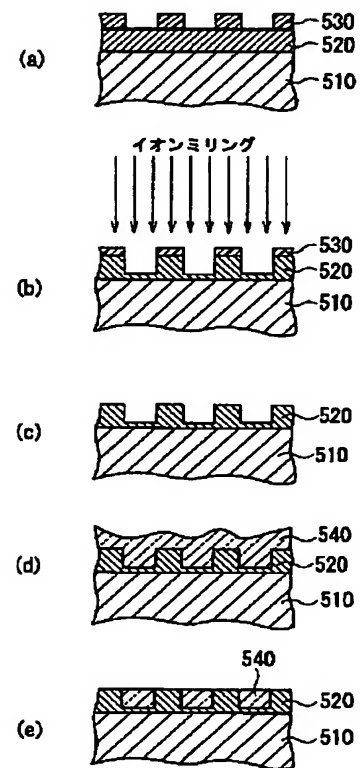


- 201 : ヘッド部
 202 : 磁気記録媒体
 203 : ステージ

【図12】



【図13】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

ターマコード (参考)

H O 1 F 10/16

H O 1 F 10/16

H O 1 L 27/105

H O 1 L 43/08

Z

43/08

27/10

4 4 7

(72) 発明者 稗田 泰之

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内

F ターム (参考)

5D006 BB02 BB05 BB07 EA04 FA09

5D112 AA05 BB02 BB05 BB10 GA02

GA25 GA26

5E049 AA04 BA06

5F083 FZ10 GA06 GA09 GA27 JA20

JA60